

كراسات الثقافة العلمية

سلسلة غير دورية تعنى بتيسير المعارف والمفاهيم العلمية

# قصة الغلاف الجوي

أ.د. أحمد السماحي

أ.د. فتح الله الشيخ



المكتبة الأكاديمية  
شركة مساهمة مصرية



## كراسات « الثقافة العلمية »

سلسلة غير دورية تعنى بتيسير

المعارف والمفاهيم العلمية

رئيس التحرير أ.د. أحمد شوقي      مدير التحرير أ. أحمد أمين  
المراسلات :

### المكتبة الأكاديمية

شركة مساهمة مصرية

١٢١ شارع التحرير - المظن - الجيزة

القاهرة - جمهورية مصر العربية

تليفون : ٣٧٤٨٥٢٨٢ - ٣٣٣٨٢٨٨ (٢٠٢)

فاكس : ٣٧٤٩٨٩٠ (٢٠٢)



المكتبة الأكاديمية  
شركة مساهمة مصرية

الحاصلة على شهادة معتمدة

ISO 9002

Certificate No: 82210  
03/05/2001

## قصة الغلاف الجوى



# قصة الغلاف الجوى

د. فتح الله الشيخ      د. أحمد السماحي

كلية العلوم      كلية العلوم

جامعة سوهاج



الناشر

المكتبة الأكاديمية

شركة مطبعة مصر

٢٠٠٨

## حقوق النشر

الطبعة الاولى ٢٠٠٨م - ١٤٢٨هـ

حقوق المبيع والنشر © جميع الحقوق محفوظة للناسر،

### المكتبة الأكاديمية

شركة مساهمة مصرية

وليس لاقال قصدر والظفر ٧٠٢٨٥٠٠٠ جنحه مصرى

١٣١ شارع التحرير - القلى - الجبزة

القاهرة - جمهورية مصر العربية

تليفون : ٣٧٤٨٥٢٨٢ - ٣٣٣١١٢٨١ (٢٠٧)

فاكس : ٢٧٤٩١٨٩٠ (٢٠٣)

لا يجوز استساخ أى جزء من هذا الكتلب بأى طريقة  
كانت إلا بد الحصول على تصريح كتابى من الناسر .

## كراسات الثقافة العلمية

### هذه السلسلة :

تمثل تلبية صادقة للمساهمة في الجهود التي تعنى بتيسير المعارف والمفاهيم العلمية لقراء العربية. إنه هذا المجال الهام، الذي نأمل أن يساعد في إدماج ثقافة العلم ومنهجه في نسيج الثقافة العربية؛ يحتاج إلى طفرة كمية ونوعية هائلة، وإلى فرز للجيد والردىء والنافع وغير النافع، بل وإلى كشف الاتجاهات المعادية للعلم، حتى وإن قدمت باسم العلم. إننا ننطلق من قناعة كاملة بتقدير ثقافتنا العربية / الإسلامية الأصيلة للعلم والعلماء، ومن اعتقاد إلى تاريخ مشرف للعطاء العلمى المنفتح على مسيرة العطاء العلمى للإنسانية في الماضى والحاضر والمستقبل، ومن تطلع إلى أن نستعيد القدرة على هذا العطاء كى نشارك في تشكيل مستقبل البشرية، الذى تلعب فيه الثورة العلمية والتكنولوجية دوراً محورياً كقوة دافعة ومؤثرة في الوعي المعرفى للبشر وفي مجمل أنشطتهم ونوعية حياتهم، بل وفي قدرتهم على الإمساك بزمام

---

أمرهم. وإذا كنا نؤمن بأهمية تحول مجتمعاتنا العربية إلى مجتمعات علمية في فكرها وفعلها، فإن ذلك لن يتأتى إلا بنشر واسع وتميز لثقافة العلم بكل أشكالها. ونأمل أن تكون هذه السلسلة، التي تبتها المكتبة الأكاديمية، خطوة على هذا الطريق.

### **هذه الكراسة :**

تحقق الهدف من سلسلة كراسات الثقافة العلمية، حيث تقدم المعلومات الواضحة بشكل مباشر، بعيد عن التعقيد، لتلائم القارئ المتعلم غير المتخصص، كما نكرر دائماً. وهي تتعلق بموضوع يلتحم بحياتنا اليومية، حيث لا يكاد يمر يوم واحد دون أن يتعرض أحدنا لموضوع الطقس والظواهر الجوية. والقارئ المهتم بالعلم، الذي يدرك دوره المحوري في فهم العالم، لابد وأن يفضل الحديث «عن علم». وهذه الكراسة الحالية عن «قصة الغلاف الجوي» تحقق له ذلك. سيعرف الكثير عن الرياح والأمطار والأعاصير والظواهر الضوئية، ويستوعب المتغيرات التي تحدث في الغلاف الجوي، ويدرك ارتباط المناخ بالحضارات

---

البشرية. إن الصديقين العزيزين، د. فتح الله الشيخ، ود. أحمد  
السماحي، يجبان العمل معاً فى «مناخ» جميل من الود  
والمحبة، وسلسلة كراسات الثقافة العلمية ترحب بكل ما ينتجه  
هذا «المناخ» !!!

**أحمد شوقي**

يناير ٢٠٠٨





---

## قائمة المحتويات

الصفحة	الموضوع
١١	مقدمة : قصة الغلاف الجوي .....
١٥	قصة الغلاف الجوي .....
٢٧	التاريخ .....
٣١	الهواء الجوي .....
٣٤	طبقات الغلاف الجوي .....
٤٥	التمثيل الضوئي والاكسجين .....
٤٨	المناخ .....
٥٠	المناطق المناخية .....
٥٣	مستويات درجات الحرارة والرواسب .....
٥٥	التقسيم النباتي .....
٥٥	الطقس .....
٥٦	درجة الحرارة .....
٥٨	الرطوبة .....
٥٩	السحب .....
٦٠	الرواسب .....

الموضوع	الصفحة
الرياح .....	٦٢
الأرقام القياسية العالمية في الطقس .....	٦٣
١ - الأمطار .....	٦٣
ب - درجة الحرارة .....	٦٦
ج - الرياح .....	٦٨
الضغط .....	٧٠
مستويات الطقس .....	٧٢
أسباب الطقس .....	٧٥
منظومة المناخ .....	٧٧
التنبؤ بالطقس .....	٨٢
التحكم في الطقس .....	٨٣
الإعصار الحلزوني (سيكلون) .....	٨٥
الزوبعة الحلزونية (التورنادو) .....	٩٠
النيو .....	٩٢
الضباب .....	٩٣
الضبخان .....	٩٤
الظواهر الضوئية في الغلاف الجوي .....	٩٦
الأحزمة الإشعاعية .....	١٠٣

## مقدمة : قصة الغلاف الجوى

يولد الإنسان ويميش ويكبر ويموت فى منطقة محدودة من كوكب الأرض وهى المحيط الحيوى والكائن الشرى مطومة معنوحة، فهى تتبادل المادة والطاقة مع ما حولها من تربة وماء وهواء وكائنات حية ولا بد للإنسان أن يحتفظ بدرجة حرارة جسمه ثابتة حتى تستطيع البروتينات وكل المكونات الحيوية فى خلاياه وأنسجته وأعصابه القيام بوظائفها. وتصم قائمة طعام الإنسان كل شىء يؤكل تقريباً فهو غير انتقائى فى صغاره مما ساعده كثيراً فى التطور والتأقلم والحياة فى جميع الظروف من القطب إلى خط الاستواء، وعلى الجزر فى أعالي الجبال، وفى السهول والهضاب وفى الكهوف

ولاشك أن كوكب الأرض الذى يستضيف الحياة قد تفاعل معها وتفاعلت معه قائر كل مهما فى الآخر تأثيراً عميقاً كفل الغلاف الجوى للأرض درجة حرارة جيدة لنشأة الحياة

وقامت الحياة بتعديل وتطوير هذا الغلاف الجوى ليلائم عملياتها الحيوية وتطورها، فمتوسط درجة حرارة الأرض عموداً 15 درجة مئوية، وتتفاوت درجة حرارة المناطق المختلفة حسب خطوط العرض والارتفاعات والبعيد أو القرب من المسطحات المائية ولو لم تكن ظاهرة الصوبة الزجاجية قائمة لكادت درجة حرارة لأرض أقل من ذلك بمقدار 30 درجة صقيح وزمهرير

لم يكن الغلاف الجوى ضرورياً لصور الحياة الأولى، بل أكثر من ذلك كان قاتلاً لأنه لم يكن يحجب الأشعة فوق البنفسجية التي تنهال من الشمس عليه وبم يكن هذا الغلاف الجوى الأول إلا عطاء لرفع درجة حرارة الأرض حتى نشأت الحياة وقامت بتغيير هذا الغلاف وإبداله بأحر سمح لها فى النهاية بالتعامل معه فظهرت الحيوانات التي تتنفس للهواء برئيتها وأجهزتها المعقدة المتطورة

وتغير الغلاف الجوى وتغيرت الحياة وتطور الإنسان على كوكب الأرض ليتميز عن بقية كواكب المجموعة الشمسية الأكسجين والأوزون هما مفتاح هذا التطور للغلاف الجوى

وللحياة وعندما يعيش الإنسان كمنظومة مفتوحة يتبادل الطاقة والمادة مع ما حوله، فإن الغلاف الجوى يلعب أخطر الأدوار وأهمها في هذا الشأن، فالماء والشراب يستغرقان وقتاً ليتم هضمهما وامتصاصهما في دم الإنسان، أما التنفس فيذهب مباشرة وفي ثوان معدودة بالهواء ومكوناته إلى الدم. ولذلك فإن تلوث الهواء الجوى واضطراب مكوناته يؤثر في صحة الإنسان وقدراته

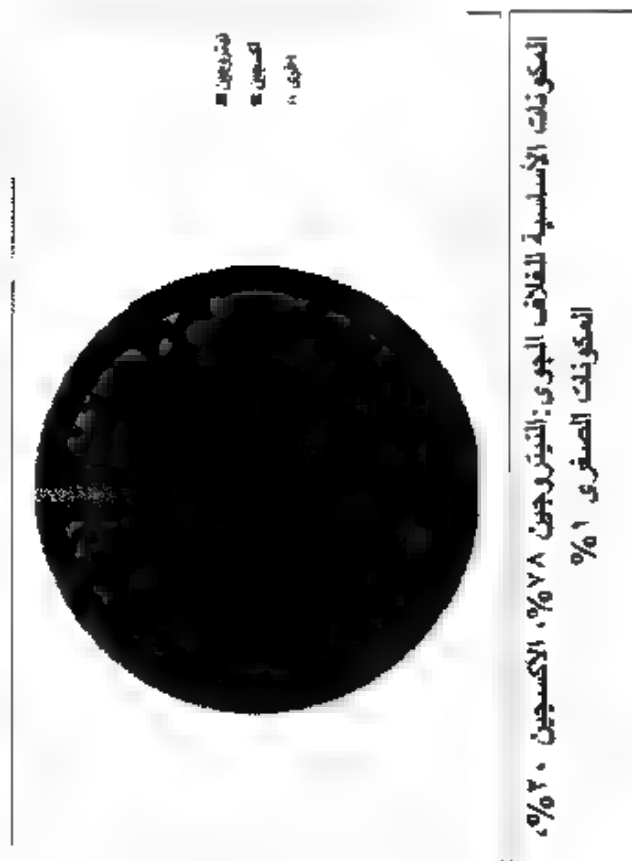
وقد كان في بيتنا أن نحصن كل ما يتعلق بالغلاف الجوى للكوكب الأرض في هذا الكتيب، إلا أن ضغط الحجم والحيز المحدود جعلنا نرجع موضوع تلوث واضطراب الغلاف الجوى إلى كتيب آخر يلحق بالكتيب الحالي أما موضوع الكتيب الذي تقدمه بين يدي القارئ فهو الغلاف الجوى بظواهره الفريدة والمتعددة من رياح وأمطار وثلوج وأعاصير، طبقاته وظواهره لصوتية أملس أن يستعين به القارئ على فهم أهم مكونات المحيط الحيوى الذى نحيا فيه وبه . الهواء.

ولا يفوتنا أن نشكر المكتبة الأكاديمية ومديرها الأستاذ  
أحمد أمين على اصطلاحهم بهذا الجهد في نشر الثقافة  
العلمية، وكذلك الأستاذ الدكتور أحمد شوقي رئيس تحرير هذه  
المنشأة، الذي لولا حماسه لما ظهر هذا الكتيب  
وبالله التوفيق»

## قصة الغلاف الجوي

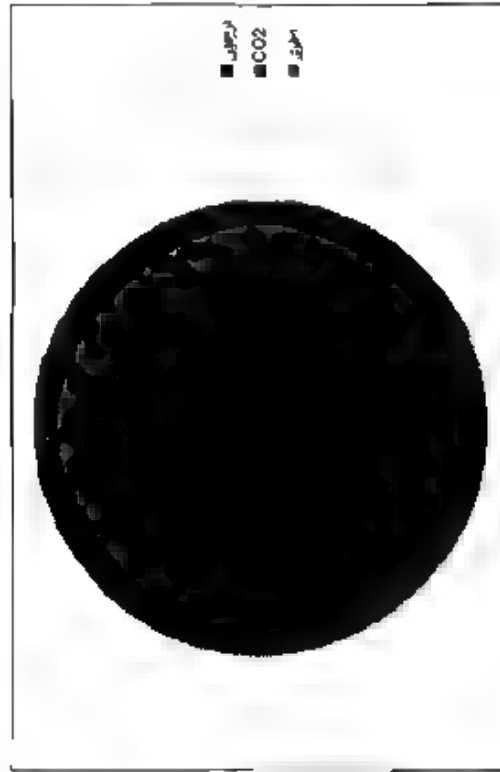
الغلاف الجوي طبقة من غازات تنفث كتلة من المادة من  
الكبر بحيث تحتفظ جاذبيتها به. وكلما كانت الجاذبية كبيرة  
كلما أمكنها الاختفاظ بكمية أكبر ولفترة أطول وكلما كانت  
درجة الحرارة منخفضة أمكن للغلاف الجوي أن يظل محيطاً  
بالكتلة المادية. وللكواكب المجموعة الشمسية أعلامه جوية متباينة،  
فبعض الكواكب تتكون أساساً من غازات، وبالتالي فإن كل  
الكواكب غلاف جوي عميق جداً، وتسمى العملاقة الغازية

ويتكون الغلاف الجوي لكوكب الأرض من الميتروجين (78 %) والأكسجين (21 %) أما نسبة 1 % الباقية فهي موزعة كالآتي 0.9 % أرجون، و 0.03 % ثاني أكسيد الكربون ونسبة متفاوتة من بخار الماء وكميات ضئيلة من الهيدروجين والأورون والميثان وأول أكسيد الكربون والهليوم والكربون والزيون وقد استغرق خيط العارات المكون للغلاف الجوي الآن حوالي 4.5





المكونات الصغرى للغلاف الجوى



بليون سنة ليصبح على ما هو عليه؛ فقد كان الغلاف الجوي المبكر لكوكب الأرض يتكون من انبعاثات البراكين فقط وتتكون الغازات المبعثة من البراكين اليوم من خليط من بخار الماء وثاني أكسيد الكربون وثاني أكسيد الكبريت واليتروجين، ويعيب الأكسجين تماماً عن هذا المشهد. فإن كان هذا هو تركيب الغلاف الجوي المبكر، إذن كان لا بد أن يمر بعدة عمليات لينتج التركيب الحالي. كان التثخيف من العمليات الأولى، فبمرور الوقت أخذ الغلاف الجوي يبرد ويتكثف منه بخار الماء الذي ملأ المحيطات الأولى. وقد ترافق ذلك مع بعض العمليات الكيميائية، فبعض من ثاني أكسيد الكربون لابد أن يكون قد تفاعل مع الصخور في القشرة الأرضية ليكون معادن الكربونات التي دأب بعضها في المحيطات، وفيما بعد، ومع تطور الحياة البدائية القادرة على القيام بالتمثيل الضوئي في المحيطات بدأت الكائنات البحرية في إنتاج الأكسجين. ومن المعتقد أن كل الأكسجين الموجود في الغلاف الجوي للأرض قد تكوّن عن طريق التمثيل الضوئي والتحوللات التي مارسها على ثاني أكسيد

للكربون والماء ومنذ 570 مليون سنة مضت كان تركيز الأكسجين في الغلاف الجوى وفي المحيطات مرتفعاً بما يكفى للحياة البحرية أن تنمسه وفيما بعد، ومنذ 400 مليون سنة كانت نسبة الأكسجين قد وصلت إلى الحد الذى سمح بتطور حيوانات يرية تنفس الهواء

تتفاوت نسبة بخار الماء في الغلاف الجوى بشدة، ويعتمد ذلك على درجة الحرارة والرطوبة النسبية ممثلاً إذا كانت الرطوبة النسبية 100 % فإن محتوى بخار الماء في الهواء يتفاوت من 190 جزء في المليون في درجة حرارة ( 40 سلية) وإلى 42000 جزء في المليون في درجة 30 سلية. وتعتبر الكميات الضئيلة من الغازات الأخرى مثل الشادر وكبريتيد الهيدروجين وأكاسيد الكبريت والنيتروجين، مكروبات مؤقتة في الغلاف الجوى بالقرب من البراكين تنقلها الأمطار والثلوج من الهواء وقد أصبحت الملوثات الأخرى من أكاسيد وغيرها التى تلحق من المصادر الصناعية وعوادم السيارات فى بؤرة اهتمام البشرية وقد جاء هذا الاهتمام كرد فعل لتأثير المدمر الذى تحدثه الأمطار

الحمضية التي تتكون من دويان بعصر الأكسيد فى مياه الأمطار (أكسيد النيتروجين والكبريت والكربون) وأحيراً تردد قناعة العلماء والسياسيين وصناع القرار فى العالم بأن الزيادة المطردة فى نسبة ثاني أكسيد الكربون فى الغلاف الجوى هى التى تؤثر فى مناخ كوكب الأرض. وقد بدأت هذه الزيادة منذ منتصف القرن التاسع عشر مع ازدهار الثورة الصناعية والزيادة الهائلة فى حرق مختلف أنواع الوقود الحفري من فحم وبترو (ومشتقاته) وعار طبيعى واستشراء سمرة الصوبة الزجاجية نتيجة لذلك.

ويرداد بنفس الأهمية القلق بشأن ارتفاع محتوى الغلاف الجوى من غاز الميثان. فمذ سنة 1978 ارتفعت نسبة الميثان فى الغلاف الجوى بمقدار 12٪ ويأتى 80٪ من هذا الغاز من عدة مصادر أهمها التحلل الكيميائى فى حقول الأرز والجهاز الهضمى للحيوانات المجترة آكلة العشب وقرى النمل الأبيض وتساهم بعض الأنشطة البشرية فى رفع معدلات إنتاج الميثان مثل تربية المريد من رؤوس الماشية والتوسع فى الأراضي المزروعة أرزاً ولا يقوم الميثان بزيادة محتوى غازات الصوبة الزجاجية فقط، بل

إنه يتسبب في تقليص نسبة شقوق الهيدروكسيل في الغلاف الجوى مما يؤثر بشدة على مقدرة الغلاف الجوى على تنقية نفسه من الملوثات

وتبين الدراسات التى أجريت على عينات من الهواء الجوى مأخوذة على ارتفاعات بلغت حتى 88 كم فوق مستوى سطح البحر أن لتركيب الكيميائى للغلاف الجوى هو نفسه لم يتغير عن التركيب عند مستوى سطح البحر وتعمل التيارات الهوائية على تخريك الهواء الجوى مما يمنع تركيز العارات الثقيلة تحت العارات الحقيقية.

ويتواجد الأوزون عادة بنسبة ضئيلة فى المستويات الدنيا من الغلاف الجوى والأوزون صورة من صور الأكسجين يحتوى جزيئه على ثلاث ذرات أكسجين بدلاً من اثنتين فى غاز الأكسجين. أما الطبقة من الغلاف الجوى التى تمتد من 19 إلى 48 كم فوق مستوى سطح البحر فتحوى على أوزون أكثر قد تراكم بفعل الأشعة فوق البنفسجية الفتاكة من الشمس وحتى فى هذه الطبقة (الغنية بالأوزون) فإن نسبته لا تزيد عن 0.001

من الحجم الكلى . وتؤدي الاضطرابات الجوية والتيارات الهوائية الهابطة إلى نقل جزء من هذا الأوزون إلى سطح الأرض ويصيف النشاط البشرى من المبررات إلى هذا الأوزون ليصبح الجميع مؤثرات خطيرة تسبب دماراً واسع النطاق للمحاصيل والممتلكات والحياة عموماً

وقد أصبحت طبقة الأوزون موضع قلق واهتمام العالم منذ سبعينيات القرن العشرين عندما اكتشف العالم أن المادة الكيميائية المعروفة باسم الكلوروفلوروكربونات أو الكلوروفلوروميثان تصح في الغلاف الجوي بكميات كبيرة لأنها تستخدم في الثلاجات وأجهزة التكييف وفي عبوات الأيروسولات عموماً وقد اتصب قلق العالم واهتمامه حول إمكانية أن تؤثر أشعة الشمس في هذه المركبات فتفصل عنها الكلور الذرى النشط الذى يهاجم ويحطم الأوزون فى الغلاف الجوى والأوزون الموجود فى الطبقات العليا من الغلاف الجوى هو الذى يحمى سطح الأرض من قسم من الأشعة فوق البنفسجية الفتاكة ذات الموجات الأطول التى تنهال على كوكب الأرض من

الشمس ويقوم الأكسجين بنفس الحماية سطح الأرض من القسم الآخر ذى الموجات الأقصر من الأشعة فوق البنفسجية ونتيجة لذلك بدأت الصاعات فى الولايات المتحدة وأوروبا واليابان باستبدال الكلوروفلوروكربونات فى معظم الاستخدامات.

ويقسم الغلاف الجوى إلى عدة طبقات، وتنخفض درجة الحرارة كلما ارتفعنا خلال الطبقة الدنيا (التروبوسفير) بمعدل 5.5 درجة مئوية لكل 1000 متر. والتروبوسفير هى الطبقة التى يتواجد فيها معظم السحب. وتمتد هذه الطبقة حتى ارتفاع 16 كم فى المناطق الاستوائية (وتنخفض درجة الحرارة عند هذا الارتفاع إلى (- 79 مئوية) بينما يبلغ ارتفاع طبقة التروبوسفير فى المناطق المعتدلة 9.7 كم (وتنخفض درجة الحرارة عندها حتى (- 51 مئوية) ويلي التروبوسفير طبقة الستراتوسفير وفى منطقة السطح من الستراتوسفير نظل درجة الحرارة تقريباً ثابتة وترتفع بمقدار طفيف مع زيادة الارتفاع وبالأخص فوق المناطق الاستوائية وخلال طبقة الأوزون الموجودة ضمن طبقة الستراتوسفير ترتفع درجة الحرارة بمعدل أسرع كلما ارتفعنا

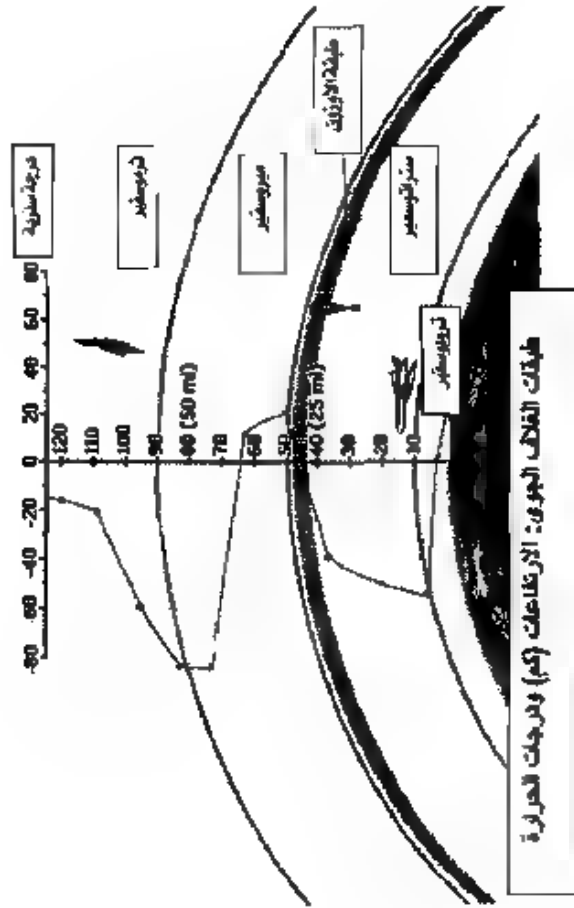
داحل هذه الطبقة حتى أن درجة الحرارة عند الحدود القصوى للمستراتوسفير والتي تبلغ 50 كم فوق مستوى سطح البحر، تصل إلى نفس درجة الحرارة عند سطح الأرض. وتسمى الطبقة التي تمتد فوق المستراتوسفير من ارتفاع 50 كم إلى 90 كم باسم طبقة الميزوسفير وتتميز بالموسمير بانخفاض درجة الحرارة كلما ارتفعنا خلالها

ومن المعروف من فحصر ودراسة انتشار وانعكاس موجات الراديو أنه بدءاً من ارتفاع 60 كم تقوم الأشعة فوق البنفسجية والأشعة السينية ووايل الإلكترونات القادمة من الشمس بتأيين عدة طبقات من الغلاف الجوى وتجعلها موصلة للكهرباء وتعكس هذه الطبقات ترددات معينة من موجات الراديو وتميها إلى الأرض ثانية. ونظراً للارتفاع النسبى فى تركيز الأيونات فى الهواء فوق ارتفاع 60 كم فإن الطبقة التي تمتد حتى ارتفاع 1000 كم تسمى الأيوسفير (الطبقة المتأينة) ، وفوق ارتفاع 90 كم تأخذ درجة الحرارة فى الارتفاع كلما صعدنا لأعلى. ولذا تسمى الطبقة التي تبدأ من هذا الارتفاع بالثرموسفير (الطبقة الحرارية) والتي ترتفع فيها درجة الحرارة ارتفاعاً كبيراً، وتسمى



الطبقة ما بعد الترموسفير بالإيكسوسفير (الطبقة الخارجية) والتي تمتد حتى ارتفاع 9600 كم، أى حتى الحدود الخارجية للغلاف الجوى

وتبلغ كثافة الهواء الجوى عند مستوى سطح البحر حوالي 1/800 من كثافة الماء. وتخفض الكثافة بشدة مع الارتفاع فى الغلاف الجوى لأنها تناسب طردياً مع الضغط وعكسياً مع درجة الحرارة. ويقاس الضغط بجهاز يسمى البارومتر ووحدات قياسه الملى بار والتي ترتبط بارتفاع عمود الزئبق الذى يرفق ضغط الهواء الجوى والملى بار الواحد = 1.33 مم زئبق، ويبلغ الضغط الجوى العادى للغلاف الجوى 1013 مللى بار أى 760 مم زئبق (760 تور - مشتقة من اسم العالم الإيطالى توريصلى). وعلى ارتفاع 5.6 كم ينخفض الضغط إلى 507 مللى بار أى 380 مم زئبق حيث يتواجد تحت هذا الارتفاع نصف كمية الهواء فى الغلاف للجوى. وكلما ارتفعنا بمقدار 5.6 كم ينخفض الضغط إلى نصف ما كان عليه. وكل 5.6 كم تؤدي إلى انخفاص الضغط إلى النصف.



ويجرى اختبار الترويموسفير ومعظم الستراتوسفير بواسطة بالونات الاختبار المزودة بأجهزة قياس الضغط ودرجة الحرارة وجهاز إرسال لبث البيانات إلى محطات الأرضية. وتقوم الصواريخ التي تحمل أجهزة الإرسال بنقل البيانات عن الطقس والغلاف الجوي على ارتفاعات تفوق 400 كم أما دراسة أشكال وأطياف الشفق القطبي فإبها تزودا بمعلومات عن الغلاف الجوي حتى فوق مستوى 800 كم

### التاريخ :

وتاريخ الغلاف الجوي للأرض غير مفهوم بصورة واضحة حتى اليوم نسبة من الآن، ولذلك فهو موضع اهتمام العلماء ودراساتهم؛ فالغلاف الحالي يشار له في بعض الأحيان بأنه الغلاف الثالث للأرض تمييزاً له عن الغلافين السابقين المختلفين معه في التركيب الكيميائي. كان أول أعلقة الأرض مكوناً من الهليوم والهيدروجين، قامت الرياح الشمسية ودرجة الحرارة المرتفعة والقشرة الأرضية المنصهرة جزئياً بتشتيت هذا الغلاف.

ومد حوالى 4.4 بليون سنة برد سطح الأرض فتكونت القشرة الأرضية، لكنها كانت مازالت راخنة بالبراكين التى كانت تطلق فى الغلاف الجوى بخار الماء وثانى أكسيد الكربون والنشادر أدى ذلك إلى تكون الغلاف الجوى الثانى والذى كانت معظم مكوناته ثانى أكسيد الكربون وبخار الماء مع بعض النيتروجين، ولم يكر للأكسجين أى وجود فى هذا الغلاف الثانى. وكانت كمية الغازات فى الغلاف الثانى 100 (مائة) ضعف محتواه الحالى، ومع انخفاض درجة حرارة الأرض داب معظم ثانى أكسيد الكربون فى البحار وترسب على شكل كربونات، وأصبح الغلاف الجوى الثانى المتأخر (الأحدث) يتكون أساساً من النيتروجين وثانى أكسيد الكربون وقليل من الهيدروجين. ويسود الاعتقاد بأن نسبة ثانى أكسيد الكربون والميثان وبخار الماء وهى من غازات الصوبة الزجاجية قد حفظت سطح الأرض من التجمد برداً

وقد بينت الحفريات أن البكتريا من نوع السيانونيكتريا الأولية المبكرة كانت موجودة منذ 3.3 بليون سنة، وكانت أول

الكائنات التي تنتج الأكسجين من أنواع الفوتوتروب وتعد هذه البكتيريا المسؤولة عن تحول غلاف الأرض الجوي من حالة غير مؤكسدة إلى حالة مؤكسدة (من حالة عدم وجود الأكسجين إلى حالة وجوده) خلال الفترة من 2.2-2.7 بليون سنة من الآن. وهكذا تمت التحولات الكبرى في الغلاف الجوي بإزالة معظم ثاني أكسيد الكربون وإضافة الأكسجين بسبب مرتفعة

تطرب بعد ذلك مؤخرًا البيانات التي تقوم بالنمذيل الصوتي واستمرت في استهلاك ثاني أكسيد الكربون وضخ الأكسجين. وبمرور الوقت تم تثبيت ثاني أكسيد الكربون في الوقود الحفري (الفحم والبترول والغاز الطبيعي) وفي الصخور الرسوبية (الحجر الجيري بالدرجة الأولى) وفي صدفات الحيوانات. ومع تراكم الأكسجين أحد يتفاعل مع الشادر ليحرر البيتروجين كما كانت بعض أنواع البكتيريا تقوم بالعمل نفسه فتطلق البيتروجين من الشادر. غير أن معظم البيتروجين الموجود اليوم في لغلاف الجوي قد جاء من تفكك الشادر بفعل أشعة الشمس (التفكك الصوتي)

ارتفع مستوى لأكسجين في الغلاف الجوي بفعل الزيادة في أعداد النباتات وازدهارها وقد أدى تراكم الأكسجين في الغلاف الجوي في البداية إلى القضاء على كثير من أشكال الحياة، بينما استطاع القليل منها أن يتطور ومع ظهور طبقة الأوزون (الأوزون صورة أخرى من صور الأكسجين تتكون جزيئاته من ثلاث ذرات) أصبحت الحياة في حماية قوية من الأوزون ضد الأشعة فوق البنفسجية ويسمى الغلاف لجوى المكون من النيتروجين والأكسجين بالغلاف الثالث وقد استقر هذا الغلاف على ما هو عليه منذ 250-200 مليون سنة من الآن. كانت نسبة الأكسجين تعمل إلى ما يقرب من 35 ٪، الأمر الذي توصل إليه العلماء من تحليل فقاعات الهواء المحبوسة في الكهرمان ويبدو أن الطبيعة قد استطاعت إيجاد توازن عبقري بين استهلاك وإنتاج كل من الأكسجين وثاني أكسيد الكربون عن طريق عمليات التنفس والتمثيل الضوئي والعمليات الجيولوجية، مما جعل الغلاف الجوي ثالث يبدو مستقرًا، لكنه استقرار ديناميكي

## الهواء الجوي :

يتكون الغلاف الجوي المحيط بالأرض من الهواء، هذا الخليط من الغازات الذي ألوردنا تركيبه ونسبة كل مكوناته الأساسية. وأهم أدوار الهواء الجوي هو الحفاظ على الحياة فلو لا أكسجين الهواء الجوي لما ازدهرت حياة الإنسان والحيوانات وبما عدا الحواص الحيوية ودعم الحياة فإن مختلف الغازات يمكن استخلاصها من الهواء الجوي واستخدامها في الصناعة والتطبيقات العلمية المختلفة بدءاً من صناعة الصلب وحتى إنتاج أشباه الموصلات (الترانزستورات) وهكذا يمكن اعتبار الغلاف الجوي وسطاً حيوياً ومصدراً للحامات الغازية

وأكثر مكونات الهواء الجوي أهمية ، النيتروجين والأكسجين والأرجون، فكل منها استخدامات صناعية هامة فإخصبات (الأسمدة) تصنع من مركبات يدخل النيتروجين في تحضيرها، وتستخدم صناعة الصلب الأكسجين، أما الأرجون فمن أهم استخداماته تعبئة المصابيح الكهربائية. وقد تم فصل الأكسجين سنة 1874، لكن فصله عن المستوى الصناعي لم

يحدث إلا في أوائل القرن العشرين. وقد طور العالم الألماني كارل فون ليند عملية تسمى الكثيف والتقطير التجزيعي للهواء الجوي، وهي عملية تنقية وإزالة للهواء ثم السماح له بالعليان وفصل مكوناته. ويفصل النيتروجين في درجة (- 195.7 °C) والأرجون في (- 185.86 °C)، بينما يعلى الأكسجين في (- 182.96 °C) فينبخر النيتروجين أولاً يليه الأرجون ثم الأكسجين. وتنتج بعض المصانع الحديثة المكونات الغازية من الهواء بسرعة نقاء تصل إلى 99.9999 ٪

وتستخدم تقنية أخرى لإنتاج مكونات الهواء الجوي من العازات في بعض المصانع الصغرى، فهي تصعد الهواء الجوي خلال مرشحات خاصة تمرر انتقائياً أحد المكونات، بينما تستخدم مصانع أخرى حبيبات من مواد معينة تمتص الأكسجين فقط أو النيتروجين فقط.

ويستخدم أكثر من نصف الأكسجين المنتج من الهواء في العالم في صناعة الصلب وشعلات اللحام، ويستخدم الباقي في الصواريخ لحرق الوقود وتحقيق قوة الدفع الهائلة



ويستخدم ثلث النيتروجين السائل في عمليات التبريد العميق والصجالي لحفظ الأغذية بطعمها ونكهتها ويستخدم النيتروجين على نطاق واسع لإنتاج النادر والتي تستخدم دورها لإنتاج محاصيل البوريا وحمض البتريك والكثير من المنتجات الكيميائية كما يستخدم النيتروجين لرفع الضغط في ابار البترول ودفع السائل إلى أعلى ونظراً لثبات النيتروجين وحموله الكيميائي فإنه يستخدم لمنع الحرائق والانفجارات في كثير من عمليات الإنتاج فإثناء التعامل مع المواد سريعة الاشتعال من منتجات البترول والكيمائيات المختلفة تحاط هذه المواد بطبقة عازلة من النيتروجين كما يستخدم النيتروجين لطرد الهواء الجوي كما في صناعة المصابيح الكهربائية يستخدم في صناعة لبتالورجيا (استحلاب الفلترات من خاماتها) للتحكم في درجة حرارة الأفراد والتخلص من الهيدروجين في الألومنيوم

أما الأرجون فهو غاز حامل لا يتحد مع أي شيء (يتحد النيتروجين مع بعض العناصر) وهو عازل جيد للحرارة ولذلك يستخدم مع النيتروجين (الأرخص سعراً) لتعشيش المصابيح

الكهربية. ويتأين الأرجون بسهولة تحت تأثير فرق جهد أقل من الغازات الأخرى وعندما يتأين الأرجون فإنه يشع أصواء جميلة ملونة، ولذلك يستخدم فى تعبئة مصابيح «البيون» يستخدم الأرجون فى إنتاج أشباه الموصلات فائقة السقاء مثل السيليكون والجرمانيوم

ولسقية الغازات النبيلة (الحاملة) فى الهواء مثل النيون والكريبتون والزينون خاصية سهولة التأين مثل الأرجون، لذلك تستخدم هذه الغازات فى تعبئة المصابيح «البيون» وتعبئة غرف التأين المستخدمة فى التحوث الذرية بقياس الإشعاع

### طبقات الغلاف الجوى :

يتكون الغلاف الجوى لكوكب الأرض من عدة طبقات فالتروبوسفير هو الطبقة الدنيا من الغلاف الحوى ومطبقة حدوث المصواهر المناحية على الأرض، ويحد التروبوسفير من أعلى طبقة تسمى تروبوبور تفصل بين التروبوسفير والستراتوسفير، ويحده من

أسفل سطح الأرض والتروبوسفير أعرض عند خط الاستواء (16 كم) وأضيق عند الأقطاب (8 كم)

وسرعة حرارة التروبوسفير أعلى في المناطق الاستوائية المباشرة (حتى خط عرض 30° شمالاً وجنوباً)، وفي المناطق الساحلية المعتدلة (من خط عرض 30° إلى 40° شمالاً وجنوباً). أما في المناطق القطبية (من 70° إلى 90° شمالاً وجنوباً) فأبرد درجة حرارة كما تنخفض درجة الحرارة كلما صعدنا لأعلى في التروبوسفير

يضم التروبوسفير 75 ٪ من كتلة الغلاف الجوي، مما يعني في المتوسط أن كتلة جزيئات الهواء موزعة على سطح الأرض بحيث يكون نصيب كل سم<sup>2</sup> 1.03 كجم. ويحتف تركيز بخار الماء من آثار طليقة في المناطق القطبية وحتى 4 ٪ في المناطق الاستوائية. ويلعب ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء ومعهم الميثان دوراً رئيسياً في غازات الصوبة الزجاجية التي تحبس جزء من حرارة الأرض قرب السطح وتمنعها من الهروب إلى الفضاء الخارجي ويتحول العماء من زيادة نسبة ثاني أكسيد الكربون

التي قد ترفع درجة حرارة العلاف الجوى خلال القرر الحالى بشكل يؤثر على سطوامة ومناطق المناخ. وقد يؤدي ذلك إلى إزاحه فى المناطق الساحلية، انصهار ثلوج القطبين وارتفاع مستوى سطح البحر

ويتمسب التسجين غير المنظم للمناطق الاستوائية (تدمع الشمس المناطق عند خط الاستواء أكثر كثيرًا من المناطق القطبية) هي حداث تيارات حمل وأنساق عظيمة من الرياح تقوم بتحديث الحرارة والرطوبة فى جميع أنحاء العالم فيرفع الهواء على طول خط الاستواء وخطوط المناطق الساحلية تحت للقطبية (من خط عرض 50° إلى 70° شمالاً وجنوباً)، لتتهد بعد ذلك فى المناطق القطبية والمناطق شبه الاستوائية الساحلية. وفيما بين القطب وخط الاستواء يحرى الهواء بفعل دوران الأرض فيؤدي ذلك إلى نشأة أنحزمة من الرياح السطحية تتحرك من الشرق إلى الغرب (رياح شرقية) فى المناطق القطبية والاستوائية، وأخرى تتحرك من الغرب إلى الشرق (رياح غربية) فى المناطق النيسية بينهما (أى عند خطوط العرض المتوسطة)

وتضطرب حركة دوران الرياح الكوكبية بواسطة أنساق الهجرة من مناطق الضغط العالي والضغط المنخفض، بالإضافة إلى الاضطرابات المحلية التي تسمى الدوامات.

وهناك ظاهرة شائعة في المناطق كثيفة السكان في التروبوسفير، وهي الصبحان (مأخوذة من كلمتي صياح ودخان) وتحدث هذه الظاهرة من مدى الرؤية وتسبب تهيج لعيون والحلق. وينتج الصبحان عن تراكم الملوثات بالقرب من سطح الأرض لتدخل في سلسلة من التفاعلات الكيميائية في وجود ضوء الشمس وتقوم الطبقة المتحورة ببقاء تيارات الحمل وهروب الملوثات إلى الطبقات العليا من الغلاف الجوى (الطبقة التي لا ترتفع بها درجة الحرارة أو تنخفض بالارتفاع). وتيارات الحمل هي المسؤولة عن انتقال الحرارة رأسياً خلال التروبوسفير، بينما تكون الرياح هي المسؤولة عن انتقال الحرارة أفقياً في هذه الطبقة.

ويسمى تبادل وحركة المياه بين الأرض والغلاف الجوى بالدورة المائية وتبدأ هذه الدورة في التروبوسفير بأن تبخر الشمس

كميات كبيرة من المياه من سطح الأرض ثم تنتقل الرطوبة إلى مناطق أخرى بفعل الرياح وارتفاع الكتل الهوائية إلى أعلى فإنها تبرد ويتكثف منها بحار الماء في شكل سحب وتعطي السحب دائماً نسبة كبيرة من الأرض وتختلف أنواع السحب فيما بينها كثيراً وعندما تكبر قطرات المياه أو بلورات الجليد إلى أحجام معينة تتساقط نحو الأرض على شكل راسب (أمطار وثلوج) اعتماداً على درجة حرارة الهواء الذي نعبّر من خلاله الرواسب

ويتعكس قسم من أشعة الشمس بمجرد دخولها إلى الغلاف الجوي للأرض عائداً إلى الفضاء الكوني، ويتحلل القسم الباقي للغلاف الجوي ويمتص بواسطة سطح الأرض ويعاد بث هذه الأشعة مرة ثانية من سطح الأرض إلى الغلاف الجوي في صورة أشعة صويلة الموجة. تمتص جزيئات ثاني أكسيد الكربون والماء والميثان هذه الطاقة وتعيد إشعاعها (أو معظمها) إلى الأرض ثانية ويقوم هذا التبادل الحساس للطاقة بين سطح الأرض والغلاف الجوي بحفظ درجة الحرارة العالمية من التغيرات الحادة على مدى السنين الطويلة.

وتسمى المنطقة الواقعة بين التروبوسفير والستراتوسفير باسم «تروبوبوز» ويحدد تغير سلوك درجة الحرارة مع الارتفاع موقع التروبوز. ففي التروبوسفير تنخفض درجة الحرارة مع الارتفاع أما في الستراتوسفير فإن درجة الحرارة تصل ثابتة لفترة أثناء الارتفاع ثم تبدأ في الزيادة بعد ذلك والمنطقة من الغلاف الجوي التي يتحول فيها سمط تغير درجة الحرارة مع الارتفاع هي التروبوز، وهي منطقة اتران بين السططين

وتقع الستراتوسفير الطبقة الثانية من الغلاف الجوي فوق التروبوسفير مباشرة وتحت طبقة الميوسفير وهي طبقة عمى شكل طبقات أصغر بعضها فوق بعض من درجات الحرارة وتقع أدفاً طبقة فى أعلى نقطة وأرد طبقة هى أدنى نقطة من لستراتوسفير. ويمتد الستراتوسفير من ارتفاع 10 كم تقريباً إلى 50 كم فوق حصوط لعرص المتوسطة بينما تبدأ من ارتفاع 8 كم فوق الأنطاب وتسحب الطبقة العليا فى لستراتوسفير بفعل متصاص الأشعة فوق البنفسجية من الشمس وتصل عد صمة الستراتوسفير إلى حوالي - 3°C، أى أقل قليلاً من درجة تجمد

الماء، ونسمى هذه القمة «ستراتوبور» حيث تبدأ درجة الحرارة في الانخفاض كلما ارتفعنا لأعلى ويؤدي وجود الطبقة الأدفأ لأعلى والأبرد لأسفل إلى درجة عالية من ثبات هذا الترتيب، فلا توجد تيارات حمل ولا حركة دوامية، ولا يتم مزج مكونات الستراتوسفير إلا أفقياً فقط

والأوبوسفير طبقة أو طبقات من الغلاف الجوى تمتد من ارتفاع 60 كم تقريباً وحتى 1000 كم أو أعلى وضغط الهواء وكثافته على هذه الارتفاعات رقيقة جداً، وتقارب قيمته ضغط الهواء في الأمايب الممرعة ولذلك عندما تأيين جزيئات الهواء بواسطة الأشعة فوق البنفسجية من الشمس أو الأشعة الكونية فإنها تميل أن تظل متأينة لأن الجزيئات لا تصادم بعضها إلا نادراً.

ويعب الأوبوسفير دوراً مؤثراً في انتشار موجات الراديو، فالموجات التي تبت في الغلاف الجوى يمتص بعضها وينعكس البعض الآخر. وقد تتكرر هذه العملية للموجة نفسها مما يجعل استقبال إشارات الراديو ممكناً على مسافات بعيدة وقد لا يستطيع



جهد استقبال قريب استقبال موجة لأنها انعكست بزاوية تجعلها تصل إلى سطح الأرض في منطقة أبعد كما أن الموجات القصيرة لا تنعكس؛ بل تستخدم لانتشارها إما محطات التقوية على امتداد البحر أو لأقمار الصناعية

ويقسم الأيونوسفير إلى طبقتين ، الطبقة السفلى ويطلق عليها طبقة E (وتسمى أحياناً طبقة هيثي مايد أو صبة كينيلي - هيثي سيد) وتقع بين ارتفاع 80 و 113 كم فوق سطح الأرض، وتنعكس عليها موجات الراديو الأطول ذات الترددات الأقل أما الطبقة الثانية فهي طبقة F - (وتسمى أحياناً طبقة أبلتون) وتنعكس موجات الراديو لأقصر ذات الترددات الأعلى وتنقسم طبقة F- الأيونية إلى طبقة F<sub>1</sub> الأيونية والتي تبدأ من ارتفاع 180 كم فوق سطح الأرض، وطبقة F<sub>2</sub> التي تبدأ من ارتفاع 300 كم فوق سطح لأرض ومن الجدير بالذكر أن طبقة F الأيونية ترتفع ليلاً مما يؤثر على خصائص انعكاس موجات الراديو القصيرة عليها.

وطبقة الأوزون عبارة عن منطقة في الغلاف الجوي (في

الستراتوسفير) بين الارتفاعين 19 كم و 48 كم عن سطح الأرض. ويحمل تركيز الأوزون فيها إلى عشرة أجزاء في المليون كحد أقصى. ويتكون الأوزون فيها بتأثير ضوء الشمس (الأشعة فوق البنفسجية بالتحديد) في أكسجين الهواء الجوي. وقد استمر هذا التأثير على مدى ملايين كثيرة من السنوات، غير أن مركبات النتروجين الطبيعية قد قامت بتنظيم تركيز الأوزون مما حفظ له مستوى ثابتاً تقريباً. وتركيز الأوزون الزائد قرب سطح الأرض من عوامل الخطورة والتلوث الشديد؛ لذلك فإن هناك حداً أقصى يجب ألا يتعداه تركيزه في الطبقات الدنيا من الغلاف الجوي معاً للتلوث وأمراض الصدر. كما أن للأوزون حداً أدنى من التركيز في طبقة الستراتوسفير (الطبقات العليا من الغلاف الجوي) يجب ألا يقل عنه حتى تتأكد الحماية الكاملة من الأشعة فوق البنفسجية ومعاً لزيادة الإصابة بسرطان الجلد ولذلك اهتم العلماء كثيراً عندما تم اكتشاف الدور الذي تلعبه مركبات الكلوروفلوروكربون (CFCs) في استنزاف طبقة الأوزون وتستخدم مركبات الكلوروفلوروكربون في عوالت الرذاذ

والناتجات وأجهزة التكييف. وعند اختلاط هذه المركبات بالغلاف الجوي لا تتفاعل وتظل ثابتة إلى أن تصعد إلى الطبقات العليا (استراتوسفير) فتلتقي بالأشعة فوق البنفسجية فيتحرر الكلور الذي ينشط معها ويهاجم الأوزون ويحوّله إلى الأكسجين العادي ويقوم كل جزيء من CFCs باستنزاف مائة ألف جزيء من الأوزون. وبذلك تم تحديد إنتاج واستخدام هذه المركبات في الدول المتقدمة. وهناك مركبات كيميائية أخرى مثل أكاسيد النيتروجين ومركبات الهالوكربون مع البروم قد تهاجم طبقة الأوزون وسيؤدي ذلك بالضرورة إلى زيادة نسبة الإصابة بسرطان الجلد والكتراكت وإفساد المحاصيل وطبيعة اللانكتون القاعدة الغذائية في لبحار والمحيطات. كما سيؤدي ذلك إلى زيادة نسبة ثاني أكسيد الكربون نظراً لتقصير كمية النباتات والبلانكتون

وفي ثمانينيات القرن العشرين اكتشف العلماء فقداً في الأوزون فوق القارة القطبية الجنوبية في الطبقات العليا من الغلاف الجوي أثناء بعض فصول السنة، فيما أطلقوا عليه «ثقب

الأوزون، وهو منطقة تصبح فيها طبقة الأوزون رقيقة جداً في ربيع نصف الكرة الجنوبي، وتستمر كذلك لعدة أشهر قبل أن يستعيد الأوزون تركيزه مرة ثانية. وقد اكتشفت نفس الظاهرة في القطب الشمالي بواسطة الطائرات الخاصة بالونات الاستكشاف. وقد تم توقيع بروتوكول مونتريال لسنة 1987، وهو عهد لحماية طبقة الأوزون، وقد صدقت عليه 36 دولة بما فيها الولايات المتحدة. وقد اقترح الاتحاد الأوروبي التحريم الكامل خلال عقد التسعينيات من القرن الماضي لاستخدام CFCs وأيسنه الولايات المتحدة في ذلك وبحلول عام 1995 كانت أكثر من 100 دولة قد تبنت الفكرة نفسها بالنسبة لبروميد الميثيل - سيد الحشائش المستخدم على نطاق واسع في الدول النامية والذي يعتقد أنه يستنزف 10 ٪ من كمية الأوزون المحقودة وبحلول عام 1995 كانت الدول المتقدمة قد امتنعت عن معظم ما كانت تستخدمه من CFCs، ووعدت الدول النامية أن تخدوا حذوها بحلول عام 2010 وستقوم الدول المتقدمة والنامية بإحلال مركبات هيدروكلوروفلوروكربون HCFCs التي

ليس لها قوة التأثير نفسها التي لمركبات CFCs؛ محل الأخيرة وقد أطلقت أساساً وكالة الطيران والمصنعة الأمريكية - قمرًا صناعيًا عميقًا على ارتفاع 600 كم لمراقبة الأوزون في الطبقات المختلفة للغلاف الجوي سنة 1991 ورصدت منظمة الأرصاد العالمية فقدانًا مقداره 45 ٪ من الأوزون فوق مساحة تمثل ثلث مساحة نصف الكرة الشمالي من جرينلاند وحتى غرب سيبيريا على مدى عشرة أيام من شتاء 1995-1996. ومن المعتقد أن هذه لمحة قد جاءت بفعل مركبات الكلور والبروم بالتصاهر مع السحب التي تكونت في طبقة الستراتوسفير في ظروف انخفاض حاد في درجة الحرارة

### التمثيل الضوئي والأكسجين :

من المرجح أن تكون الخلايا الحية الأولى من نوع هيتروثروفا - أي التي تنتهم أي شيء عضوي حولها، بما في ذلك الخلايا الأخرى كمادة أوبية ومصدر للطاقة. ونتيجة القصر في الإمدادات البدائية ظهرت استراتيجيات جديدة في بعض الخلايا، بدلاً من الاعتماد على الكميات المتناقصة من المادة

المعصورة المتاحة، ثبتت هذه استخلايا وطلورت ضوء الشمس كمصدر للطاقة وتختلف التقديرات غير أنه منذ ما يقرب من ثلاثة بلايين سنة من الآن كانت هي نقطة استقرار التمثيل الضوئي تقريباً كما نعرفه الآن وقد جعل ذلك الحدث ضوء الشمس مصدراً متاحاً ليس فقط للأوتوتروف بل وللهيتيروتروف التي تستهلكها. يستخدم التمثيل الضوئي ثاني أكسيد الكربون والماء كمحامل أولية، وبواسطة الطاقة المصاحبة لضوء الشمس أحدثت نتج مواد عضوية غنية بالطاقة (السكريات)

كان الأكسجين ناتجاً ثانوياً في عمليات التمثيل الضوئي وفي البداية كان هذا الأكسجين يتحد بالحديد والحجر الجيري والمعادن الأخرى وهناك من الأدلة الجيولوجية على ذلك ما هو محفوظ في تسلسل الطبقات الحاملة للحديد في هذه لفترة من تاريخ الأرض ومن المحتمل أن المحيطات قد كتمست باللون الأحمر أثناء تفاعل الأكسجين مع المعادن. وعندما انتهى هذا التفاعل أخذ الأكسجين يتراكم في الغلاف الجوي. ومع أن كل حبة كانت تنتج كمية ضئيلة من الأكسجين إلا أن كل

المخلّيا على مدى المصور البيولوجية المحيطة وحتى الآن قد  
أُكسبت الغلاف الجوى للأرض تركيبته الحالية

ولذا يقال للغلاف الجوى الحالي أنه الغلاف الثالث، وقد  
تفاعل بعض الأكسجين مع الأشعة فوق البنفسجية ليشج الأورون  
الذى تجتمع في طبقة بالقرب من الجزء العلوى من الغلاف  
الجوى. قامت هذه الطبقة بامتصاص نسبة عالية من الأشعة فوق  
البنفسجية ومارالت تمتصها حتى الآن وقد مكّن هذا الأمر  
المخلّيا الحية من استيطان الطبقة العليا من البحار والمخيطات وأن  
تعزو بعد ذلك اليابسة والهواء ويدون طبقة الأورون كانت الأشعة  
فوق البنفسجية التى تنهمر على سطح الأرض ستسبب طفرات  
مظيعة في الخلايا الحية التى تتعرض لها

وفيما عدا إنتاج كمية كبيرة من الطاقة المتاحة للمصور الحية  
وحجب الأشعة فوق البنفسجية، فإن التمثيل الضوئى له تأثيرات  
مدوية على مستوى لعالم. كان الأكسجين ساماً بالنسبة لمعظم  
صور الحية التى كانت تموت عند تعرضها له (فيما يسمى  
كثافة الأكسجين) قامت بعض الأشكال القوية للحياة بتصوير

إمكانية استخدام الأكسجين في عملية الأيض عن طريق التنفس وأكسدة الغذاء مما وفر طاقة هائلة من كمية الغذاء نفسها. وقد أدى تحول الكائنات إلى التنفس وأكسدة الغذاء بالضرورة إلى تطوير أجهزة معقدة في أجسامها، فطورت الجهاز الهضمي والجهاز التنفسي والجهاز الدوري وأخيرًا الجهاز العصبي والمع للتحكم في كل هذه الأجهزة والتنسيق بينها مركزيًا.

### المناخ :

هو التأثير البعيد المدى لأشعة الشمس على سطح الأرض وعلامها الجوي. ويمكن إدراك المناخ فقط عن طريق متوسطات درجات الحرارة والرواسب الجوية السوية أو الفصلية.

ونظرًا للاختلاف الشديد بين مناطق اليابسة والبحر فإنها تتفاعل بطرق مختلفة مع العلاقات الجوية التي يظل في حركة دائمة ونشاط ديناميكي وتشكل التغيرات اليومية في منطقة معينة الطقس بسما يكون المناخ هو نتاج معالجة هذه التغيرات اليومية على المدى البعيد. ويرصد الطقس بواسطة الترمومترات وأوعية



قياس المطر والبارومترات (لقياس الضغط الجوى) وأجهزة أخرى متنوعة، إلا أن دراسة المناخ تعتمد على الإحصائيات وتقوم أجهزة الكمبيوتر بهذه المعالجات الإحصائية بكفاءة عالية على مدى الأيام والشهور والسنوات أما دراسة المناخ على مدى العصور الجيولوجية فيمثل علماً آخر اسمه «المناخ القديم» أو «الباليوماخ»

ولا يتأثر المناخ بحالة أشعة الشمس فقط بل يتأثر كذلك بالتركيب المعقد للغلاف الجوى ومكوناته الكيميائية، وبالطريقة التى تنتقل بها الحرارة خلال الغلاف الجوى والمحيط وما بينهما، وبذلك لابد من أخذ عوامل كثيرة فى الاعتبار عند النظر إلى المناخ. فليست زاوية ميل الشمس فقط (خط العرض) ولكن الارتفاع والشكل لطبوغرافى والبعد عن المحيط وعلاقة المنطقة بالجبال المجاورة والبحيرات وغيرها تؤثر فى مناخ أى منطقة ومناخ المناطق الشاسعة يسمى «ماكرو» والمناطق المتوسطة «ميزو»، أما المناطق الصغرى فمناخها «ميكرو» (مثل المناخ فى ظل شجرة كبيرة فى حقل أو غابة)

ويؤثر المناخ بشدة في الحياة النباتية والحيوانية بما في ذلك الإنسان. وهو يلعب دوراً إحصائياً هاماً في كثير من العمليات الفسيولوجية بدءاً من النمو والتكاثر وحتى الحالة الصحية والمرضى. لكن الإنسان هو الكائن الوحيد الذي يمكنه التأثير في المناخ، وذلك بالتغيرات الطبوغرافية التي يحدثها على سطح الأرض وإطلاق الملوثات والكيماويات في الغلاف الجوي

### المناطق المناخية :

يتم وصف المناخ بشهرة متفق عليها أو مصطلحات ليست دقيقة إلى حد ما، لكنها مع ذلك مفيدة. فعلى مستوى الكوكب يمكن تقسيم المناخ إلى مناطق أو أحزمة يمكن رصدها فيما بين خط الاستواء والقطب في كل من نصفي الكرة الأرضية. وحتى يمكن فهم هذه المناطق أو الأحزمة لابد أن تأخذ في الاعتبار حركات الدوران في الطبقة العليا من الغلاف الجوي، الستراتوسفير، وكذلك ما يدور في الطبقة السفلى، التروبوسفير، حيث سيادة الضغط. ولم تصبح الظواهر

السائدة فى الطبقات العليا من الغلاف الجوى مفهومة إلا بعد التقدم التكنولوجى الذى أحررته الليزرية فى مجال الصواريخ والطيران الفات على أعتاب الستراتوسفير والأقمار الصناعية

ويمكن أن نتصور كيف يصعد الهواء الساخن إلى أعلى على طول خط الاستواء ليهبط بالقرب من القطبين ولذلك فإن المنطقة الاستوائية أو الحزام الاستوائى أميل أن يكون منخفض الضغط بسوده الهدوء. ولا يعكس هذا الهدوء سوى العواصف الرعدية المصحوبة بالسحب المتراكمة طنقات فوق بعضها. ويسبب هذا الهدوء يعرف هذا الحزام باسم الساكن. وبزاح هذا الحزام قليلاً إلى الشمال أثناء صيف نصف الكرة الشمالى وقليلاً إلى الجنوب أثناء صيف نصف الكرة الجنوبى وعلى العكس من ذلك تهبط الكتل الهوائية فى مناطق لقطبين مما يؤدى إلى ارتفاع الضغط الجوى وسيادة الجفاف والرياح الباردة التى تبدو وكأنها تنبع من القطبين.

ويساهم دوران الأرض فى تعقيد هذه الصورة البسيطة فىؤدى إلى انحراف المكونات الشمالية والجنوبية لعمليات التدوير فى

العلاف الجوى ولذلك فإن الرياح الاستوائية والقصية تميل ناحية الشرق (تأتى من الشرق)، ويتكون بذلك حزامان وسيطان في نصفي الكرة الشمالي وجنوبي. وحول المنطقة المتاخمة لحصبي عريض 30° شمالاً وجنوباً يرتفع الضغط الجوى حيث يهبط الهواء العلوى وينقسم فيمرس بتيارات من الرياح تجاه خط الاستواء. وتهب الرياح التجارية المستقرة في نصف الكرة الشمالي من الشمال الشرقي، وفي نصف الكرة الجنوبي من الجنوب الشرقي وتؤدي الماصق عالية الضغط إلى تكون مناطق صحراوية فوق القارات، أما فوق المحيطات فتكون محملة بالرطوبة الناتجة عن بخر المياه فإذا التقت هذه الرياح التجارية بحرية أو ساحل قارى يدفع الهواء المحمل بالرطوبة إلى أعلى إلى مستويات أبرد وقد يصحب ذلك أمطار غزيرة

وتوجد منطقة ضغط منخفض في جوار حصبي عريض 50-60° شمالاً وجنوباً، وهي تتميز بميل الرياح للاتجاه العربى فتتحرف إلى الجنوب العربى في نصف الكرة الشمالي، وإلى الشمال العربى في نصف الكرة الجنوبي، وهي رياح متوسطة

السرعة محملة بالرطوبة تميل إلى جلب الرواسب العاصمية على جميع الارتفاعات على الجوانب الغربية للقارات. وتتصف هذه الرواسب بوجهات قطبية حيث يندفع الهواء البارد لقادم من القطب شرقي الاتجاه ليدخل تحت الهواء الدافئ غربي الاتجاه، والذي يبرد فتترسب رصوبته. ويمثل هذا السيناريو سبب سقوط الثلوج على القارات شتاء

#### مستويات درجات الحرارة والرواسب :

تعد درجة الحرارة ممة من سمات المناخ ويمكن استخدامها لتحديد مستويات المناطق المناخية. وتنقسم هذه المناطق حسب درجة الحرارة إلى خمسة مستويات

1 المناطق المدارية ومتوسط درجة الحرارة سويًا وشهريًا فوق  $20^{\circ}\text{C}$

2 المناطق شبه المدارية وفيها يكون متوسط درجة الحرارة أعلى من  $20^{\circ}\text{C}$  على مدى من 4 أشهر إلى 11 شهرًا، ويحدث الانزياح بين  $10^{\circ}\text{C}$  و  $20^{\circ}\text{C}$

- 3 - المناطق المعتدلة وفيها تكون درجة الحرارة بين  $10^{\circ}\text{C}$  و  $20^{\circ}\text{C}$  على مدى من 4 أشهر إلى 12 شهراً
  - 4 - المناطق الباردة وفيها تكون درجة الحرارة من  $10^{\circ}\text{C}$  إلى  $20^{\circ}\text{C}$  بين شهر و 4 أشهر
  - 5 - المناطق القطبية وفيها تكون درجة الحرارة تحت  $10^{\circ}\text{C}$  طوال العام (12 شهراً)
- ويمكن التعرف على ثمان مناطق مناخية في كل من  
نصف الكرة الشمالي والجنوبي وذلك بمعلومية الرواسب
- 1 - الاستوائية - أمطار في كل الفصول
  - 2 - مدارية : أمطار صيفية وشتاء جاف.
  - 3 - مدارية شبه صحراوية - أمطار طليقة صيفية
  - 4 - صحراوية - جافة طوال العام (جميع الفصول).
  - 5 - جافة بحر متوسطية - أمطار طليقة شتاءً
  - 6 - بحر متوسطية - أمطار شتوية وصيف جاف
  - 7 - معتدلة - رواسب طوال العام (جميع الفصول)
  - 8 - قطبية - رواسب متفرقة طول العام.

### التقسيم النباتي :

لا يسجح التقسيمان المذكوران أعلاه (تبعاً لدرجة الحرارة أو للرواسب) في تحقيق تقسيم ماحي علمي . غير أن النباتات تقدم لنا دليلاً مرشداً معيذاً ، وبالذات في بعض الحالات الخاصة مثل الغابات الاستوائية المطيرة ، والتي تمطر فيها أمطار مدارية طوال العام ، والسافانا الدافئ المتميز فصلياً ، والتوندرا الباردة المتميزة فصلياً . وهي منظومة مفيدة لمن يرغب التعرف على صبيعة المناطق ومعرفة كيف يعيش الإنسان فيها . أما التقسيم القائم على درجة الحرارة والرواسب فيقدم لنا دليلاً ومرشداً لتمييز أربعة أقسام :

دافئ جاف : (صحراوي ، وبارد جاف قطبي) ، ودافئ رطب (غابات استوائية مطيرة) ، ومتوسط إلى دافئ وحتى بارد رطب (معتدل) .

### الطقس :

هو حالة الغلاف الجوي في زمان ومكان محددين . وتتكون عناصر الطقس من درجة الحرارة والرطوبة وحالة السحب والرواسب (الأمطار والثلوج) والرياح والضغط وتشظيم هذه

العناصر في منظومات الطقس مثل مناطق الضغط العالي ومناطق الضغط المنخفض، والمواصف الرعوية والأعاصير وتتحكم في كل هذه المنظومات قوانين الحرارة والحركة ولها سماتها المحددة. وتدرس هذه المنظومات في علم الأرصاد الجوية الذي يتضمن كذلك لتنبؤ بالطقس ويختلف الطقس عن المناخ، فالمناخ يتضمن سمات منطقة معينة على المدى البعيد، كما يتضمن الإحصائيات المتعلقة عن عناصر الطقس

### درجة الحرارة :

وتعبر درجة الحرارة عن سخونة الهواء، ويستخدم لقياسها ثلاثة مقاييس الكلفن (الدرجة المطلقة)، والدرجة السليزية (المقوية)، والمهرنهايت (ويستخدم في الولايات المتحدة). والعلاقة بين المقاييس الثلاثة هي :

$$K = ^\circ C + 273.15$$

$$^\circ C = K - 273.15$$

$$^\circ F = (^\circ C \times 9/5) + 32$$

$$^\circ C = (^\circ F - 32) \times 5/9$$



وترمز  $K$  الكتلن،  $F$  - المهرهايت،  $C^\circ$  - السرية

وتبلغ متوسط درجة حرارة الأرض  $15^\circ C$  عند مستوى سطح البحر، لكنها تختلف مع الارتفاعات وخطوط العرض والفصول والوقت من اليوم. ومدى تفاوت درجة الحرارة يقع بين  $58^\circ C$  كحد أقصى إلى  $-88^\circ C$  كحد أدنى مسجل.

وتسجل أعلى درجة حرارة خلال اليوم بعد الظهر، وأدنى درجة حرارة وقت الفجر وتوضح التفاوت بين الفصول في خطوط العرض الكبيرة، فالشهور جميعها دفئة عند خط الاستواء، لكنها في خطوط العرض الكبيرة تكون أدفأ ما يمكن في الشهر التالي لأطول أيام السنة (شهر يوليو بعد 21-22 يونيو في نصف الكرة الشمالي ويناير في نصف الكرة الجنوبي) وأبرد ما يمكن في الشهر التالي لأقصر أيام السنة (يناير في نصف الكرة الشمالي ويوليو في نصف الكرة الجنوبي).

وتنخفض درجة الحرارة في المتوسط بمقدار  $6.5^\circ C$  لكل كيلو متر ارتفاع. وقد تتغير درجة الحرارة فجأة عند اقتران كتلة هوائية باردة أو ساخنة للموقع، وكذلك أثناء الأعاصير.

## الرطوبة :

هى مقدار ما يحمله الهواء من بخار الماء، وتقدر الرطوبة بأجزاء فى الألف من الماء فى الهواء الجوى، وتبلغ أقصى رطوبة 20 جزء فى الألف لكن المقياس المتبع لوصف الرطوبة هو الرطوبة النسبية، وهى نسبة الرطوبة إلى الرطوبة التى يتشبع بها الهواء فى درجة حرارة معينة ولأن تشبع الهواء بالرطوبة يزداد بزيادة درجة الحرارة (يزداد إلى الضعف كل 10 درجات)، فإن نفس كمية الرطوبة تسبب تشبعاً أكبر فى درجات الحرارة المنخفضة (عد العجز) وتشبعاً أقل فى درجات الحرارة المرتفعة (بعد الظهر). وعندما يتشبع الهواء بالرطوبة (الكمية القصوى) يصبح الإحساس بعدم الراحة سائداً لأنه عندئذ يستحيل تحر العرق الذى يطفئ الجسم وإذا برد الهواء إلى الدرجة التى يصبح مشبعاً عندها فإن درجة الحرارة هذه تسمى نقطة الندى، لأن الهواء إذا برد تحتها ستكثف منه قطرات الندى أو الصقيع (بلورات الجليد).

### السحب :

تتكون كل السحب والرواسب تقريباً نتيجة انخفاص درجة حرارة الهواء أثناء ارتفاعه عن سطح الأرض . يتكثف بخار الماء الزائد شيحة التبريد إلى قطرات من الماء أو بلورات من الجليد مكوناً السحب أو الضباب . وللحسب أشكال مختلفة منها الضباب الذى هو سحب يلامس الأرض ويحدث الضباب عندما تكون الأرض أبرد كثيراً من الهواء الذى فوقها مباشرة كما هو الحال عند الفجر وفوق التيارات الباردة فى المحيط . وقد أهلت الضباب الحمصى الكثيف آلاف الإنجيز فى مدينة سدك حتى سنة 1956 حين مع حرق الفحم فى المدد ومن المعروف أن أكاسيد الكبريت تتشرب فى الهواء عند حرق الفحم يخترى على الكبريت ، وعند تكثف الضباب تدوب هذه الأكاسيد فى قطرات الماء لتعطى الأحماض الكبريتية

وتتخذ السحب أشكالاً مختلفة تبعاً لموقع بداية التكثيف وشكل الطبقة الحاملة للرطوبة المرتفعة وتحدث الظواهر الضوئية مثل قوس قزح والهالات عندما يمر الضوء من خلال قطرات أو

بلورات السحب فتلعب دور المنشور الزجاجي الذي يكسر الضوء بداخله وينعكس على الأسطح الداخلية ويتحلل إلى مكوناته (الطيف)

#### الرواسب :

تحدث الرواسب عندما تنمو قطرات الماء أو بلورات الجليد في السحب بحيث تبدأ في السقوط تجاه الأرض ولا يحدث الترسيب من السحب عادة إلا إذا وصل سمكها إلى 1 كم على الأقل وتتخذ الرواسب أشكالاً متعددة، فهناك المطر والرذاذ والمطر المتجمد والثلج وقطع الجليد مختلفة الأحجام (البرَد). ويزيد قطر قطرات المطر عن 0.5 مم بينما يقل قطر الرذاذ عن ذلك والقليل جداً من قطرات المطر ما يزيد قطره على 6 مم حيث تصبح هذه القطرات غير مستقرة وتتفكك أو تنقسم إلى قطرات أصغر. أما بلورات الجليد فهي قطرات مطر قد تجمدت في طبقات الهواء المتوسطة، لكن المطر القابل للتجمد عبارة عن ماء سائل يتجمد عند ملامسته سطحاً بارداً ليكون طبقة زلقة من الجليد ورفائق الثلج عبارة عن بلورات مفردة أو تجمع لبلورات من الجليد

وتتكون الرقائق الكبيرة عادة عندما تكون درجة الحرارة حول الصفر C<sup>°</sup> فعند هذه الدرجة تكون رقائق الجليد مصهورة جزئياً فتلتصق ببعضها عندما تتصادم أما كرات الجليد ويتراوح قطرها بين 6 إلى 150 مم فتتكون من تجمعات من قطرات المطر التي التصقت ببعضها وتجمدت. والكرات الكبيرة من الجليد (الرد) لا تتكون إلا أثناء العواصف الرعدية فقط حيث يحفظ التيار الصاعد من الهواء هذه الكرات من أن تسقط فتتمو وتكبر إلى أحجام كبيرة

وتقاس كمية الراسب بعنق ما يترسب، فالعواصف الشتوية تجلب عادة من 0. مم إلى 30 مم من الأمطار فوق مساحة كبيرة من الأرض خلال 12 إلى 24 ساعة أما العواصف الرعدية الصيفية فقد تسبب ترسيب ما يقارب من 20 مم في عشر دقائق مما يؤدي إلى انفيضانات المؤقتة؛ حيث يرتفع مستوى المياه بسرعة أما الأعاصير فقد تجلب رواسب تصل إلى 250 مم وفيضانات عارمة وعادة ما يكون عمق الثلج أكبر كثيراً من عمق الأمطار لصغر كثافة الثلج. وفي وقت العواصف الشتوية

الشديدة قد يتسرب 250 مم من الثلوج على مدى 24 ساعة  
وعند تسرب التيارات الهوائية القطبية تتسرب كميات كبيرة من  
الثلوج على جوانب التلال والجبال

ويبين الجدول المرفق الأرقام القياسية لكميات الأمطار  
ودرجات الحرارة والرياح

### الرياح :

هي الحركة الأفقية للهواء، ويطلق على الرياح اسم يدل  
على الجهة التي تهب منها، فالرياح الشمالية تهب من الشمال  
. وهكذا. وعادة ما تتراوح سرعة الرياح بالقرب من سطح  
الأرض بين 8 ، 24 كم / ساعة، لكنها قد تشتد كثيراً أثناء  
العواصف الشديدة. وقد تتجاوز سرعة الرياح هي الأعاصير من  
نوع هاريكان أو تايفون 120 كم / ساعة بالقرب من مركز  
الإعصار، وقد تصل إلى 320 كم / ساعة. وقد سجلت أكبر  
سرعة للرياح أثناء إعصار من نوع توريادو، ووصلت 480 كم /  
ساعة. وفيما عد هذه الأعاصير والعواصف فإن سرعة الرياح  
تزداد كلما ارتفعنا عن الأرض خلال منطقة التروبوسفير

وتسمى حركة الهواء الرأسية تياراً، وتنتش الرياح نتيجة اختلاف الضغط الجوى والذي يرجع بدوره للاختلاف فى درجة حرارة الهواء. تحدث هذه الاختلافات فى الضغط ودرجة الحرارة نتيجة التوزيع غير المنتظم للحرارة القادمة من الشمس بالتصافر مع الاختلاف فى المحاور الحرارية بين سطح اليابسة وسطح المحيط

### الأرقام القياسية العالمية لى الطقس

١- الأمطار :

الرقم القياسى	الموقع	الكمية
أعلى كمية أمطار فى نصف الكرة الشمالي	بيشيه تاياوان	124 سم
أعلى كمية أمطار فى 24 ساعة (بتون تدخل من الجبال)	دهارامبورى - الهند	99 سم
أعلى كمية أمطار فى 24 ساعة	ميلاوس ريبون	88 سم
أعلى كمية أمطار فى 5 أيام	سيلاوس ريبون	386 سم
أعلى كمية أمطار فى 12 ساعة	بيونف ريبون	35 سم
أعلى متوسط سوى للأمطار فى أفريقيا	ديبوندشيه - الكاميرون	1029 سم

الرقم القياسى	الموقع	الكمية
أدنى متوسط سنوى للأمطار فى أفريقيا	وادي حلفا لسودان	3 سم
أدنى متوسط سنوى للأمطار فى آسيا	عبدن جنوب اليمس	5 سم
أعلى متوسط سنوى للأمطار فى أوروبا	كركمين الصرب والبحر الأسود	465 سم
أدنى متوسط سنوى للأمطار فى أوروبا	أستراخان - روسيا	16 سم
أعلى كمية أمطار فى ٢٠ دقيقة	كسورنى - دى آح رومانيا	21 سم
أعلى كمية أمطار فى ٢٤ ساعة فى أستراليا	كوهامسبيرست كويزلاند	9 سم
أعلى متوسط سنوى للأمطار فى أستراليا	بولى كوينزلاند	455 سم
أدنى متوسط سنوى للأمطار فى أستراليا	موسكا	10 سم
أعلى متوسط سنوى للأمطار فى أمريكا الجنوبية	كويلو - كولومبيا	899 سم



الرقم القياسي	الموقع	الكمية
أدنى متوسط مستوى للأمطار في أمريكا الجنوبية	ريكا تشيلي	7 (1 سم
أعلى متوسط مستوى للأمطار في أمريكا الشمالية	هيدرو كولومبيا الريمانية كندا	66 سم
أدنى متوسط مستوى للأمطار في أمريكا الشمالية	ياكوسوس للكميين	سم 4
أكبر عدد من أيام السنة ممطرًا	بافيلوك تشيلي	326 يومًا
أطول فترة بدون أمطار	اريكا بسمي	14 يومًا
أعلى متوسط مستوى بفترة عواصف رعدية	كمبالا أوغندا	342 يومًا
أعلى متوسط مستوى للعواصف الرعدية مستمرة	نوجور إندونيسيا	321 يومًا
أطول فترة منقوصة لأمواج مستمرة	بمانسي فرنسا	7 ساعة ومستوى سم 72 ثوب

ب - درجة الحرارة :

الدرجة	الموقع	الرقم القياسي
C°98	الغريزة بيما	أعلى درجة حرارة سجلت على الإطلاق
C°88	هـ ستوك القنط الجنوبي	أدنى درجة حرارة سجلت على الإطلاق
C°16		أعلى درجة حرارة في القنط الجنوبي
C°77	القنط الجنوبي	أدنى درجة حرارة في القنط الجنوبي
C°24-	بهرات المعروف	أدنى درجة حرارة في أفريقيا
C°53	كولكوري كويزلاند	أعلى درجة حرارة في أستراليا
C°22	نشارلون بريس	أدنى درجة حرارة في أستراليا
C°66-	بورثاس	أدنى درجة حرارة في جرينلاند
C°90	سيفيل - ألبانيا	أعلى درجة حرارة في أوروبا
C°55-	أوب سنوهور روسيا	أدنى درجة حرارة في أوروبا

الدرجة	الموقع	الرقم القياسي
C° 68	أريميكون - روسيا فيرونياسك - روسيا	أدنى درجة حراره في نصف الكرة الشمالي
C° 57	و دي - جنوب أمريكا كالموريب	أعلى درجة حراره في نصف الكرة الجنوبي
C° 63	ساح - بركوب كند	أدنى درجة حرارة في أمريكا الشمالية (بعد جرينلاند)
C° 74	ديول - إثيوبيا	أعلى متوسط سوى لدرجة الحراره في العالم
C° 49	ريغادوسيب الأرجنتين	أعلى درجة حرارة في أمريكا الجنوبية
C° 33	سارمينو الأرجنتين	أدنى درجة حرارة في أمريكا الجنوبيه
C° 94	تد حراب - تسمى - فلسطين المحتلة	أعلى درجة حراره في آسيا
C° 63	شرق سايبان - روسيا	أعلى متوسط سوى لدى تمرير درجة حراره
C° 38	ماربل هيد أستراليا	أعلى متوسط درجة حرارة مستمر عثة متويلة ١٦٢١ يوم مستمرًا
C° 6	أديده - سكويلاند	أمرع ارتفاع في دجه الحراره في لدى القصير

## ٥ الرياح :

الرقم القياسي	الموقع	السرعة
أعلى سرعة رياح (قمة)	بور هاعدة حوية حربلاو	٣٣٦ كم/ساعة
أعلى متوسط سرعة الرياح في ٢٤ ساعة	بور ماسوت = انصب الجنوبي	١٧٤ كم/ساعة
أعلى سرعة رياح (قمة) حاست	حل هاشط	٣٧٧ كم/ساعة
أعلى متوسط شهري لسرعة الرياح	بور ماس - القطب الجنوبي	١٠٥ كم/ساعة

وعندما يصبح درجة الحرارة غير متساوية هي المصاحبة، يميل الهواء الأدفأ لارتفاع فوق الهواء لأبرد ولأثقل وتأثير هذه الرياح بحركته دوران لأرض .تنقسم الرياح إلى أربعة أنواع : الرياح السائدة، والرياح الموسمية، والرياح محلية والرياح العصفية (سايكلون وأنتي سيكلون) وتسود الرياح التجارية الشمالية الشرقية شمال خط الاستواء بينما تسود الرياح الجنوبية الشرقية جنوبه أما حول خط الاستواء بين ١٠° شمالاً وجنوباً

فتتواجد منطقة صخطة محمض تسمى «دولرامر» ، وهى هدة،  
ولذا تسمى أحياناً بالحرام الاستوائى الهدهى وهى المنطقة التى  
تتحرك تجاهها الرياح من الخصوط المدارية شمالاً وجنوباً، ويعاود  
الصعط لجوى جعصفه فى خطوط العرض المتوسطه والعالية  
(شمال وجنوب المدارين) مما تسبب فى هوب الرياح من المناطق  
المدارية فى اتجاهها وتؤثر حركة الرياح لدورن الأرض، وتتسعة  
تكون السبكون والانتيسبكون (الإعصار الحلوى والإعصار  
المصد) تتغير اتجاهات هذه رياح من يوم لآخر والمناطق لقطبية  
عانة الصعط منهب الرياح مها فى اتجاه المناطق محفصة  
الصعط حول خطوط العرض المتوسطه والعالية، وتحرف اتجاهات  
هده لرياح تجاه الشرق نتيجة حركة دورن لأرض وقد بلغت  
سرعة أعتى الرياح المسجلة 362 كم/ساعة فوق جبل واشنطن  
فى نيويورك فى 12 أبريل سنة 1934، إلا أن رياحاً أعتى من  
هده تحدث فى مركز لروبيع (الورنادو)

وقد وضع لإيرلندي فرانسيس بيغورت مقياساً لرياح سنة  
1805 مارال مستخدماً إلى يوم وتدرج فيه تأثيرات اربح على  
الياسة وفوق انياه (البحار والمحيطات) مع سرعة هذه ربح

وتأخذ أهدأ الرياح التي تفل سرعتها عن <sup>1</sup> كم/ساعة الرقم صفر ثم تتدرج كما في الجدول حتى الرقم 2،

#### الضغط :

لعب الضغط دوراً محورياً في جميع منظومات الطقس ويعريف الضغط أنه القوة التي يمارسها الهواء على سطح ما مقسومة على مساحة هذا السطح (القوة على وحدة المساحات، وعادة يكون الضغط مساوياً لوزن عمود الهواء على وحدة المساحات (مقسوماً على مساحة مقطع عمود الهواء) ويخضع الضغط بمعدل كبير كلما صعدنا لأعلى، فيقل إلى النصف كلما ارتفعنا 5.5 كم.

ولا يختلف الضغط عند مستوى سطح البحر إلا نسبة ضئيلة وهناك مناطق يرتفع فيها الضغط (مناطق الضغط المرتفع) وأخرى ينخفض فيها الضغط (مناطق الضغط المنخفض) وتحدث معظم العواصف في مناطق الضغط المنخفض ويدل الانخفاض السريع في الضغط الجوي على اقتراب العاصفة عادة، أما الارتفاع السريع للضغط الجوي فيبين أن السماء ستصبح صافية



الرياح القلبية (المائدة) في نصف الكرة

### مستويات الطقس :

تحدث أنظمة الطقس في مدى واسع من المستويات، فالأمطار الموسمية تهطل على مستوى الكوكب وهي من أكبر المطورات التي يعرفها الطقس، وتمتد عدة آلاف من الكيلومترات أما العواصف الرعدية فأصغر كثيراً من ذلك وعادة ما يتراوح قصرها بين 10 ، 20 كم أما الروابع من نوع «التورنادو» والتي تمتد من قاعدة العاصفة الرعدية فيتراوح قطرها بين 50 متراً و 2 كم (بمتوسط 500 متر) والمستويات الرأسية لطقس محدودة جداً؛ ذلك لأن الضغط يتناقص سريعاً مع الارتفاع ولأن درجة الحرارة تتوقف عن الانخفاض كلما ارتفعنا في الستراتوسفير (فوق التروبوسفير) ومعلومات الطقس مرتبطه بالتروبوسفير فقط. وفيما عدا بعض العواصف الرعدية فائقة الطول التي قد تصل إلى الستراتوسفير أحياناً، فإن الأخير دائماً صاف



مقياس بيـمـورـة الـريـاح

المقياس	كم مرعة	التأثير على اليابسة	التأثير على الماء
صفر	< 1	ارتفاع أعمدة الدخان رأساً، عدم حركته أوراق الأشجار	سبح البحر ناعم كغراه.
1	6	تحرك أعمدة الدخان وحركة بالكاد في أوراق الأشجار	موجات خفيفة بدون رعاوى
2	7	الشعير بالرياح على الوجه، الحركة السريعة لأوراق الأشجار	موجات صغيرة وقمم لا تكسر
3	13 - 19	حركة أوراق الأشجار والأعصان الرقيقة وارتفاع الأوراق والعباء من الأرض	موجات كبيرة وقمم تكسر، بعض الرعاوى البيضاء
4	20 - 30	حركة امزاج الصغيرة على الأشجار، الرياح ترفع في الهواء الأورق والعباء	موجات صغيرة، شديد الرعاوى البيضاء على قمم موجات

التأثير على الماء	التأثير على اليابسة	كم سرعة	امقياس
موجات متوسطة مع رعاوى على القمم وورداد من الموجات	محل الأشجار الصغيرة وتحرك الأعصاك الكبيرة وتزعم سحب العار	39 31	5
موجات كبيرة مع ريد أبيض كثيف على القمم	مروع الأشجار الكبيرة تحرك باستمرار وهناك صغير لمهاج، ويصعب استخدام الشمس	50 - 40	6
موجات كبيرة تتكوى الرعاوى البيضاء تنثر من لموجات المكسرة	صعوبة السير، تحرك كل الأشجار	62 5	7
موجات عالية متوسطة الارتفاع، انتشال الرذاذ مع الرياح	تكسر فروع الأشجار الصغيرة، مقاومة السير	74 63	8
موجات عالية يرد كثيف	دمار طفيف لبعض المباني	87 - 75	9
موجات عالية جداً، يرد رعاوى هي شكل أشرفة	تصع الأشجار الموحلة بجذورها، دمار أكبر بالمباني	102 88	10

المقياس	السرعة	التأثير على اليابسة	التأثير على الماء
1	103 - 117	دمار واسع النطاق	موجات عالية بصورة كبيرة، البحر مغطى بتجمعات من الرغواى الذى تدروه الرياح الشديدة.
12	> 118	دمار شديد وهدم	موجات عالية بصورة كبيرة، الهواء يمتلئ بالرغواى والرداد

#### أسباب الطقس :

تعتبر حرارة الشمس هي السبب لأول وريء كل ما يحدث في الطقس فالشمس تشع الطاقة بمعدل ثابت إلا أن بعض المناطق تتلقى طاقة أكثر من غيرها عندما تكون الشمس في كبد السماء وعندما تطول ساعات سطوعها بهاراً وتجعل الشمس للمنطقة الاستوائية أكثر المناطق دفئاً على الأرض، وأدفاً كثيراً من الأقطاب وفي الصيف تجعل الشمس أى منطقة أدفاً من الشتاء، وفي نصف الكرة الشمالى تعتمد الشمس أكثر واليوم يصبح أوصول في فصل الصيف حول شهر يوليو أما في نصف الكرة

لجوى فيحدث نفس الشيء حول شهر يناير وفي صيف نصف الكرة شمالي يميل محور الأرض من طرفه شمالي نحو الشمس، ويحدث نفس الشيء شتاءً في نصف الكرة الجنوبي حول شهر يناير

وبتسبب الاختلاف في درجة الحرارة نتيجة لتسخين غير المنتظم في الاختلاف في كثافة وضغط الهواء، الأمر الذى يمثل القوة الدافعة للرياح أم الحركة الرأسية للهواء فتحدث بسبب صعود كتلة هوائية أدفاً من الهواء الذى حولها وبذلك تقل كثافتها فتصعد وترتفع كما أن الهواء يدفع بفعل فرق الضغط من المناطق مرتفعة الضغط إلى المناطق منخفضة الضغط وبمجرد أن يبدأ الهواء في الحركة فإنه يحرف بفعل حركة دوران الأرض فيما يعرف باسم ظاهرة «كريوليس» (قوى كريوليس) وتتسبب هذه الظاهرة في انحراف الرياح جهة اليمين في نصف الكرة شمالي وجهة اليسار في نصف الكرة الجنوبي. ويتضح تأثير هذه القوى على المدى لتضع وليس على الرياح المحلية القصيرة المدى، ذلك أن هذه لقوى (كريوليس) ضعيفة

## منظومة المناخ :

ترداد سرعة الرياح العربية في نصف الكرة الشمالي  
وجنوبي كما ارفعنا في اتجاه قمة التروبوسفير، فيكون مهر  
متموج من الرياح يسمى التيار النفاث أما بالقرب من سطح  
الأرض حيث يصفى الرياح من سرعتها بفعل الاحتكاك، فإن  
الهواء يهب برؤية حادة تحاذي المناطق منخفضة الضغط مكوناً  
جزواً صحياً يسمى «سيكون» ويسمى الحبرون الضخم لدى  
يتكون حول مصطفه الضغط المرتفع التي تهب منها الرياح  
«أنتيسايكلون» وتتسبب قوى كوريوليس في نصف الكرة الشمالي  
في جعل الهواء في المناطق منخفضة الضغط يدور عكس اتجاه  
عقارب الساعة ويدفع إلى الداخل مكوناً «سيكون»، بينما في  
المناطق مرتفعة الضغط يدور الهواء في اتجاه عقارب الساعة  
ويدفع إلى الخارج مكوناً «أنتيسايكلون» أما في نصف الكرة  
الجنوبي فإن «السيكون» يدور في اتجاه عقارب الساعة بينما يدور  
الأنتيسايكلون عكس عقارب الساعة.

يتم إحلال الهواء المتسارع إلى الخارج في «الأسيسكلون» بواسطة كتل هوائية تهبط من أعلى ، ولذلك تكرر السماء عادة صاعية ودرجة الحرارة منتظمة في هذه المناطق أما في حالة «السيكلون» عندما يدفع الهواء نحو المركز فإنه يرتفع ليكون سحباً كثيفة ورواسب

ويتكون «السيكلون» المدارى أثناء الصيف والخريف ويسمى «هوريكان» أو «تايفون» فوق المياه الدافئة في المحيطات في أحرمة موازية لخط الاستواء فيما بين خطي عرض 5° ، 30° شمال وجنوب خط الاستواء تتزايد سرعة الهواء في الأعاصير من نوع «هوريكان» كلما دار في حلزون لإعصار إلى الداخل ثم يستدير فجأة إلى أعلى قرب المركز أو يرتفع على شكل «حزمة مطيرة» ويسمى هذا السبوك «جدار العين» حيث يحدث أكثر الرياح شدة وتسقط أعصر الأمطار ويحيط جدار العين بسب الإعصار أو عينه والتي تتميز بسماء حركياً صافية ورياح هادئة

وفي خطوط عرض المتوسطة والعالية التي تقرب من لقطبين يتلاقى كل من الهواء المدارى والهواء لقطبي في

مناطق الضغط المنخفض فيما يسمى «إكسترا مدارى سيكلون»، (سينكون فوق مدارى) ليكون مناطق ضيقة غير عريضة من درجات الحرارة المنخفضة يطلق عليها جهة وقد يتسبب السيكلون فوق المدارى في شأه عواصف ثلجية في ناحيتها الشمالية، وفي الوقت نفسه يتسبب في عواصف رعدية حادة وروابع من نوع التورنادو في ناحيتها الجنوبية.

والعواصف الرعدية صغيرة الحجم نسبياً، وهي عبارة عن تيارات حمل تتكون بظمو الهواء بسرعة كبيرة إلى أعلى، وعندما تصل العاصفة الرعدية إلى دروتها يدفع هواء بارد محمل بالأمطار أو رقائق الثلج والجديد إلى أسفل في اتجاه الأرض. ولكون العواصف الرعدية صغيرة (لا تزيد عن 16 كم) فإنها تغير بسرعة ولا تستمر في أى موقع أكثر من ساعة وقد تتسبب بعض العواصف لرعدية الشديدة في سقوط الجديد بكثافة عالية. وقد بأحد العواصف الرعدية في الدوران ببطء ليستح عنها فتوربده سريع الدوران

وسطومات الطفس التى يسودها تيارات الحمل أهدأ كثيراً من العواصف الرعدية وتتكون خلافاً لدورية مستظمة يهبط فيها الهواء البارد الأكثر كثافة ويهب فى اتجاه الأرض ليحل محل الهواء الأدفأ ولأقل كثافة لىصعد إلى أعلى وتتحد هذه الخلايا الدورية أحجاماً ومستويات مختلفة، فهى تحدث على امتداد شاطئ البحر حيث الهواء فوق الأرض أدفأ منه فوق البحر فيصعد ليحل محله هواء من فوق البحر فيما يسمى نسيم البحر وتنعكس الصورة بىلاً حيث يكون الهواء فوق مياه البحر أدفأ فيصعد ليحل محله هواء من فوق الأرض فيما يسمى نسيم البر

وعلى مستوى كوكب الأرض يرتفع الهواء الساخن الرطب بالقرب من حد الاستواء ليحل محله هواء أبرد وأكثر كثافة يهبط بالقرب من مدارى لىهب فى اتجاه حد الاستواء على شكل رياح سطحية وتسمى الرياح التى تهب فى اتجاه خط الاستواء بالرياح التجارية، وهى من أكثر الرياح استقراراً، وهى تهب من الاتجاهين الشمال الشرقى والجنوب الشرقى نتيجة قوى كوريوليس



ويطلق على حلية التدوير المدارية «حلية هادلي» وتراح هذه الخلايا شمالاً وجنوباً مع تغير فصول السنة وتسيب في مواسم الأمطار العزيرة في الهند. فمثلاً يقع الهواء الساخن الصاعد في حلية هادلي فوق الهند وتهب الرياح المحملة بالرطوبة من المحيط الهندي في شهر يوليو أما في شهر يناير فيهب الهواء البارد من حلية هادلي فوق الهند وتهب الرياح من الاتجاه المصاد

وتقع حلية تدوير متغيرة تسمى «تدوير ووكر» فوق المناطق المدارية من المحيط الهادي، ويرتفع الهواء عادة فوق المناطق لداثة في غرب الباسيفيك فوق أرخبيل الملايو يسما يهبط الهواء فوق المناطق الباردة في شرق الباسيفيك عند شواطئ الإكوادور والميرو وفي أغلب السنوات يتتاب هذه الحنة التدويرية الرهي في أواخر شهر ديسمبر وتبدأ انياه لباردة على شواطئ أمريكا الجنوبية في اكتساب حرارة ببطء، ولكوب هذه الظاهرة تحدث حول عيد الميلاد فقد أطلق عليها اسم «إل نينو» (الطفل) والظاهرة التي تتكرر كل سنتين إلى خمس سنوات حيث يسبح الماء شرق المحيط الباسيفيك بشدة فتضعف حلقة ووكر التدويرية بدرجة أنها

أحياناً تعكس اتجاهها، فيرتفع الهواء مسبباً أمطاراً غزيرة على المناطق الجافة والإكوادور والبيرو، وحدوث «هوريكان» فوق تاهيتي وعلى الجانب الآخر من المحيط الباسيفيك يهبط الهواء جالباً معه موجات من الجفاف لأستراليا. يستطيع رجال الأرصاد الجوية اليوم التنبؤ بحدوث الينو بدرجة معقولة من الدقة قبل عدة أشهر من وقوعه.

### التنبؤ بالطقس :

حدثت تطورات هامة في عملية التنبؤ بالطقس منذ بداية القرن العشرين ويرجع ذلك أساساً لتطوير الكمبيوتر والأجهزة الرائعة مثل الأقمار الصناعية والرادار وتجميع بيانات الطقس من جميع أنحاء العالم بواسطة منظمة الأرصاد الجوية العالمية، وخدمة الطقس الوطنية، ووكالات أخرى غيرها، لتدخل على نماذج كمبيوترية تقوم بتطبيق قوانين الحركة وقوانين بقاء الطاقة والكتلة، ليخرج عن كل ذلك حالة الطقس في المستقبل القريب (يوم أو عدة أيام) وقد حذرت مثل هذه التنبؤات في بعض الاحالات من الأعاصير الكبرى قبل وقوعها بأسابيع.

ومن أصعب الأمور في التنبؤ بالطقس العواصف الصغيرة المحدودة مثل العواصف الرعدية والتورنادو، فهي أصعب كثيراً من التنبؤ بالأعاصير الكبرى والأنظمة على المستويات الكبيرة. وفي المناطق التي تحدث فيها العواصف الرعدية بوتيرة متزايدة، فإن التنبؤ بها يصبح ممكناً في حدود عدة أيام لكن التنبؤ بحجم ووقت وقوع العواصف الرعدية وموقعها بالصبط أمر مرهون بساعة أو ما يقرب من ذلك

#### التحكم في الطقس :

ستطيع الإنسان أن يعدل في الطقس أو المناخ، فهو يستطيع جعل السحب المكونة من قطرات الماء والتي قمعتها أبعد من (5 -) C<sup>°</sup> أن تنزل المطر بواسطة نشر بلورات بعض المواد مثل يوديد الفضة خلالها. ويتسبب زرع السحب في تكوين وممو بلورات الجليد لدرجة التي تجعلها تسقط من السحب. ومع أن زرع السحب قد أثبت كفاءة في بعض الأحيان، إلا أن هذا التأثير لم يثبت بعد على المستويات الكبرى

ويتم تعديل الطقس بالنقرب من سطح الأرض للأعراض الزراعية فمثلاً جعل لون الأراضي الزراعية داكناً يؤدي إلى ارتفاع درجة حرارتها، كما أن استخدام المراوح في الليالي الباردة الصافية فوق الحقول يجلب كتل الهواء الأدفأ الطافية فوق الهواء الأبرد لتتزل وتدمج الحقول وتصبح تكون الصقيع

وقد أثرت الأنشطة البشرية في الطقس بشكل حاد وكذلك في مناخ كوكب الأرض. فإضافة غازات من نوع ثاني أكسيد الكربون والميثان إلى الغلاف الجوي قد راد من تأثير الصوبة الزجاجية وساهم في ظاهرة الاحترار العالمي برفع درجة الحرارة المتوسطة للأرض بحوالي 0.5 درجة منذ بداية القرن العشرين. وقد أدى إطلاق مركبات الكلوروفلوروكربون (CFCs) في الغلاف الجوي (وهي المركبات المستخدمة في العبوات المضغوطة والثلاجات وأجهزة التكييف) إلى استنزاف طبقة الأوزون في الستراتوسفير مما جعل هذه الطبقة تعفد الكثير من سمكها فوق القطب الجنوبي كل ربيع (شهر أكتوبر). وتتمثل تداعيات هذه الظاهرة الخطيرة في وصول نسبة أكبر من الأشعة فوق البنفسجية

الفتاكة إلى سطح الأرض وارتفاع نسبة الإصابة بسرطان الجلد والتلفر. أما نتائج ارتفاع درجة حرارة الأرض (ظاهرة الاحترار العالمي) فهي خطيرة على كل المستويات وارتفاع مستوى سطح البحر مجرد مثال واحد ما يمكن أن يحدث. وقد واجه العالم ظاهرة استئراف الأورون بتحديد إنتاج واستهلاك كميات (CFCs) وتقليص المستخدم منها تدريجياً، وتصميم آلات أكثر كفاءة هي استخدام لوقود، وزيادة الاعتماد على مصادر جديدة للطاقة النظيفة (طاقة الرياح والطاقة الشمسية والنوية).

### الإعصار الحلزوني (سيكلون) :

منطقة منخفضة الضغط الجوي ومحاطة بمنظومة من الرياح التي تهب عكس اتجاه عقارب الساعة في نصف الكرة الشمالي وفي اتجاه عقارب الساعة في نصف الكرة الجنوبي. أما المناطق مرتفعة الضغط الجوي فتسمى الإعصار الحلزوني المهاد (أنيسيكلون)، وتهب الرياح منها في اتجاه عقارب الساعة في نصف الكرة الشمالي وعكس عقارب الساعة في نصف الكرة الجنوبي وعادة ما يعمق على الإعصار الحلزوني اسم

«المحفظات» وعلى الإعصار الحلزوني المصدا «المرتفعات». ويطلق الاسم «سيكلون» عموماً على الأعاصير والاضطرابات في الضغط الجوي وبالأخص الأعاصير المدارية من نوع «هوريكان» و «تايفون»، والتي تتركز في المناطق ذات الضغط شديد الانخفاض.

أما الأعاصير الحلزونية المصدا (أنيسيكلون) فهي منظومة رياح تتركز حول مطلقه مرتفعة الضغط الجوي ويتراوح قطر الإعصار المصدا بين بصع مئات وعدة آلاف من الكيلو مترات.

والهوريكان اسم يمنح للأعاصير التي تتكون فوق المياه المدارية أو تحت المدارية من المحيط الأطلنطي والبحر الكاريبي وخليج المكسيك و شمال المحيط الأطلنطي إلى الشرق من خط التآريخ الدولي (الخط الوهمي الذي يحدد انتقال تآريخ اليوم بالزيادة أو النقص). والأعاصير المماثلة التي تحدث فوق شمال الأطلنطي إلى الغرب من خط التآريخ الدولي تسمى تايفون. أما الأعاصير التي تحدث في المناطق الأخرى فيطلق عليها اسم «أعاصير حلزونية مدارية»، وهو الاسم العام الذي يطلق عليها

جميعاً بما فى ذلك الهوريكان والتايكون، وتتسبب هذه الأعاصير فى إحداث خراب ودمار كبير فى الممتلكات وقد للأرواح بسبب التغيضانات والرياح والموجات العظيمة التى تتحطم على الشواطئ

وتتكون الأعاصير الحلزونية المدارية وتنمو فوق مياه المحيط الدائمة مستفيدة من طاقتها الحرارية (الحرارة الكامنة)، أى من الطاقة التى تتحرر عندما يتكثف الهواء الرطب متحولاً إلى سحب ثم أمطار. ريارتفاع الهواء الدافئ إلى أعلى تدفع كميات من الهواء إلى المنطقة التى ارتفع منها على شكل رياح، ويتسبب دوران الأرض فى تقوس مسار الرياح فوق المحيط (ظاهرة كوريوليس) مما يسمح للأعاصير مظهرها الحلزوى.

ولا تتكون الأعاصير الحلزونية المدارية أو تكتسب قوتها وتنمو إلا فوق مياه المحيط التى تزيد درجة حرارتها عن  $27^{\circ}C$ ، وتسبب هذه الدرجة فى تبخر كميات كبيرة من المياه فتجعل الهواء محملاً بالرطوبة وتعتبر المياه الدافئة شرطاً أساسياً لحدوث فصل الأعاصير الحلزونية المدارية، والتى عادة ما تحدث خلال

صيف وحريص كل نصف كرة، ولأن المياه تسخن وتبرد ببطء فإن المحيطات لا تسخن بالشكل الكافي لحدوث الأعاصير خلال الربيع. ولذلك يقع موسم هذه الأعاصير في الفترة من 1 يونيو إلى 30 نوفمبر ولم يحدث خارج هذا الموسم إلا 25 إعصاراً في الفترة من سنة 1887 وحتى سنة 2003، ولم يصبح إعصاراً حروبياً منها سوى تسعة (9) فقط استمر كل منها بضع ساعات

وتضعف الهوريكان أو التايفون وتموت عندما تعتمد عن المياه الدافئة وتتحرك فوق اليابسة أو المياه الشمالية الباردة. وتبدأ الأعاصير الحلزونية المدارية عموماً كمناطق متناثرة من الأمطار والعواصف الرعدية وعندما تنتظم إحدى هذه المناطق وتلدور فيها الرياح في دائرة كاملة فإنها تسمى منخفض مداري. وعندما تصل سرعة الرياح في هذا المنخفض المداري إلى 63 كم / ساعة أو أكثر تصبح إعصاراً مدارياً وتُمنح اسمًا. وعندما تصل سرعة الرياح إلى 119 كم / ساعة أو أكثر يصبح الإعصار هوريكان أو تايفون





### الزوبعة الحلزونية (التورنادو) :

عمود من الهواء يدور بعنف يادئاً من سحابة عاصفة رعدية إلى أسفل حتى سطح الأرض. ومن الممكن أن تعصف الزوبعة بالنازل من أساسها وتدمر المساكن الحجرية وتقتذف بالسيارات وأوتوبيسات المدارس إلى أعلى في الهواء، بل إنها أحياناً تخلع عربات السكك الحديدية. وتتفاوت أنظار الزوبعة من عشرات الأمتار إلى 2 كم ويصل متوسطها إلى 50 متراً. وتندور الرياح في معظم الزوايا عكس اتجاه عقارب الساعة في نصف الكرة الشمالي حول مركز منخفض الضغط إلى حد بعيد جداً أما في نصف الكرة الجنوبي تندور الرياح غالباً في اتجاه عقارب الساعة في الزوايا. وتصل أقصى سرعة للرياح في الزوبعة إلى ما بين 120 كم / ساعة و 500 كم / ساعة. أما سرعة حركة الزوبعة نفسها فتتراوح بين الثبات (صفر كم/ساعة)، 110 كم/ساعة

ويمكن مشاهدة الزوبعة عندما يتكون قمع بخار الماء (سحابة على شكل قمع) تحت ضغط في غاية الانخفاض، أو

عندما ترفع الروبة العبار والقمامة والحطام إلى أعلى من الأرض وقد تكون الزوبة الطبيعية على شكل عمود رأسي أو عمود مائل، وقد تكون ضيقة أو متسعة وقد تنقسم الزوبة الشديدة إلى عدة وحدات محتض الأشياء على شكل دوامات تدور كل منها بجوار الروبة الأم وقد يكون قطر وحدة الامتصاص بضعة أمتار، وبالتالي قد تنسب الزوبة في دمار منزل بينما يظل المنزل المجاور سليماً وتنقسم الزوايح تبعاً لمقياس فوجيما الذي اقترحه تيودور فوجيما عالم الأرصاد الأمريكي بجامعة شيكاغو سنة 1971، إلى عدة درجات حسب حجم ونوع الدمار الذي تسببه، ويسمى مقياس F

المستوى	سرعة الرياح كم/ساعة	الدمار الذي ليه
F0 حاصعة هرجاء	16-64	دمار طفيف، لبعض المداخل وكسر فروع الشجر، وتدمير أعمدة الإشارات واقتلاع الأشجار سطحية بجذور
P. تورنادو متوسط	117-181	دمار متوسط، وانزعج الأسقف والبيوت المتحركة
F2 تورنادو مؤثر	182-253	دمار مؤثر، انزعج الأسقف من أطرافها، ورفع المنازل من الوج المسحوك وقذف الأشياء الخفيفة
F3 تورنادو حاد	254-332	دمار شامل قوي، انزعج الأسقف والحواليد والقصارات ومعظم الأشجار ورفع السيارات في الهواء
F4 تورنادو مدمر	333-419	تدمير شامل مدمر، تدمير المنازل القوية، وتنتزع المثبات والأشجار القوية
F5 تورنادو مهول	420-512	دمار غير معقول، وانزعج البيوت من أساساتها القوية وتحمل مسافات بعيدة

ولا يجرى تطبيق مقياس F إلا في الأماكن الحضرية التي

عمرها الإنسان

وتقع 75 ٪ من الزوايح في المستويين F0 . F1 ، أما معظم

المتبقى فيقع في  $F2$  ،  $F3$  ، ولا يقع في  $F4$  ،  $F5$  إلا 1 : فقط. وعادة لا يصل إلى المستوى  $F5$  إلا روية واحدة أو اثنتين على الأكثر كل عام

#### النيو :

ظاهرة تحدث في المحيط وفي الغلاف الجوي فوق المحيط لباسفيك وهي ظروف دافئة فوق المحيط، غير عادية تظهر على طول الساحل العربي للإكوادور والبيرو مسببة اضطرابات ساحلية محتفظة الشدة. واسم «النيو» يعنى بالأسيانية «الطفل» في إشارة رمزية تحدث بداية الظاهرة مع أعياد ميلاد المسيحية. وهي تحدث مرة كل ثلاث إلى سبع سنوات وتؤثر في مناخ كوكب الأرض على مدى سنة أو أكثر

#### الضباب :

سحابة من بخار الماء المتكثف على شكل قطيرات أو بلورات من الجليد معلقة في الغلاف الجوي فوق سطح الأرض مباشرة وفي المدن المكتظة والمناطق الصناعية يتحد الضباب مع الدخان

ليكون المريع الذي يطلق عليه الضبخان. ويتكون الضباب بأربع طرق مختلفة : يحدث النوع الأول عند مرور تيار من الهواء الأفقى الدافئ المحمل بالرطوبة فوق بقعة باردة من سطح الأرض أو المحيط ويحدث هذا النوع من الضباب شتاءً أما النوع الثانى والذي يسمى «ضباب فقد الحرارة بالإشعاع» فيحدث فوق الأرض فقط نتيجة التبريد السريع للأرض ليلاً فتصبح أبرد من البحر ولا يحدث هذا النوع الثانى بكثافة ويحتفى مع ظهور الشمس والنوع الثالث هو الصاعد فى الجبل، ويحدث عندما يبرد الهواء بارتفاعه وتمدده كما لو كانت الريح تصعد جبلاً ويسمى النوع الرابع ضباب الترسب ويتكون أثناء العواصف الثلجية أو العواصف المطيرة، وهو يحدث أثناء عبور جبهة دافئة وأخرى باردة وعندما تكون درجة حرارة الهواء الملاصق لسطح الأرض مختلفة عن درجة حرارة الهواء الأعلى

#### الضبخان :

هو خليط من الضباب المكون من قطرات الماء أو بلورات

الجيد ودقائق الدخان. ويتكون الضباب عندما تكون الرطوبة مرتفعة والهواء هادئ لدرجة أن الدخان والأبخرة تتراكم بالقرب من مصادرها تخفّض الرؤية في الضباب وتثار الغيوم والجهاز التنفسي في الإنسان ويرداد في المناطق الحضرية كثيفة السكان معدل الوفاة بشكل كبير في وجود الضباب لغترات صوية والسحابة السوداء التي تتكون فوق القاهرة الكبرى مثال صارخ على ذلك، حيث تتولد منطقة فوقية (سقف) ساحية للضباب. ويحدث الضباب بشكل واضح في المدن الساحلية أو القريبة من الساحل وعلى الأحص في لوس أنجلوس وطوكيو، ولذا يطلق على الضباب أحياناً «ضباب لوس أنجلوس».

ويطلب التحكم في الضباب ومنعه التحكم في الدخان المتصاعد من الأفراد وتقليص الأبخرة الصادرة من ورش المصانع والصناعات الأخرى، وكذلك التحكم في عادم السيارات وتعتبر آلات الاحتراق الداخلي من أهم أسباب ظاهرة الضباب في الدول الصناعية، فهي تضيف للغلاف الجوي هيدروكربونات وأكاسيد النيتروجين وملوثات أخرى كثيرة، وهي تنصم

كميات متفاوتة من الأزرق وثاني أكسيد الكبريت وسيانيد الهيدروجين والهيدروكربونات ومشتقاتها التي تكوّن بالأكسدة الجزيئية ويتأكسد ثاني أكسيد الكبريت في الغلاف الجوي بواسطة الأكسجين ليعطي ثالث أكسيد الكبريت الذي يعطي بدوره حمض الكبريتيك في وجود الرطوبة

ويتكوّن الضبابان (موتوكيميائي)، لدى يشير لأعشية الحساسه عند الإسفد ويدمر البائنات عندما تتفاعل أكاسيد البتروجين مع الهيدروكربونات المنشطة بالأشعة فوق البنفسجية أو الأشعة المرئية.

### الظواهر الضوئية في الغلاف الجوي :

تتضمن الظواهر الضوئية في الغلاف الجوي عدة أشكال منها المرباب وقوس قزح والشفق القطبي

والسراب صورة حقيقية لشيء ما تبدو وكأنها قد أصبحت خيالية أو أريحت عن موقعها الحقيقي، والصورة الخيالية حانة نفسية تحدث للأشخاص الذين يعانون من ظروف خاصة مثل



المعشش الشديد فى الصحراء أو الاضطرابات الذهبية أو الجسمية أما لظاهرة التى تجعل الأشياء تبدو فى غير مواقعها الحقيقية فتحدث عادة فى الصحراء أو فى البحار نتيجة ظروف خاصة فى العلاقات الجوى، فعندما تشع الحرارة من سطح الأرض الساحل، كما فى الصحراء، فإنها تحدث ترتيباً معكوساً للكثافات بحيث تصبح الكتلة الهوائية الأسخى والأخف ملاصقة لسطح الأرض وفوقها مباشرة الكتلة الهوائية الأبرد والأثقل وعلى السطح الفاصل بينهما تكسر وتنعكس أشعة الضوء كما لو كان سطحاً مائياً فتظهر صور الأشياء معكوسة تحتها كما فى صورة المرآة وتبدو هذه المظاهرة واضحة على لطرق الأسفلتية فى وقت الظهيرة، وكأن الطريق به ماء يعكس صور الأشياء

أما فى حالة سراب البحر فإن الهواء الأبرد والأخف يكون ملاصقاً لسطح المياه باردة بينما يطفو من فوقه الهواء الأدفأ والأخف نسبياً وعلى السطح الفاصل بينهما تنعكس الصور فتبدو الأشياء (لسمن بصورتها) مشوهة ومطووعة ومعكوسة وكأنها معلقة فى الهواء.

أما السراب المردوح فينتج عنه صور مصحمة للأنبياء  
العادية، وهو يحدث عادة في ميسينا بإيطاليا وكذلك فوق منطقة  
البحيرات العظمى في الولايات المتحدة ويطلق على سراب  
الصحراء «السراب التحتي» بينما يسمى سراب البحر «السراب  
الفوقي»

وقوس قزح عبارة عن قوس من الضوء يبين ألوان الطيف  
حسب ترتيبها ويتسبب في حدوث هذه الظاهرة سقوط قطرات  
من الماء خلال الهواء ويمكن مشاهدة قوس قزح في السماء إذا  
نظرت عكس اتجاه الشمس قريباً من الرصد المتساقط وكذلك إذا  
كنت تنظر خلال رداد متساقط من أي مصدر آخر غير المطر مثل  
رشاش المياه أثناء رى الحدائق أو مساقط المياه والشلالات  
الصملاقة. وتترتب الألوان في قوس قزح الأزهي (وهو الوحيد  
الذي تسهل رؤيته) بحيث يكون الأحمر إلى الخارج وبوجه  
قوس آخر فوق هذا القوس لا يكاد يرى لحافته، وهو القوس  
الثانوي الذي تترتب فيه الألوان عكس القوس الأساسي الأزهي  
لأنها نتيجة الانعكاس المردوح داخل القطرات

وعند سقوط أشعة الشمس على قطرات المطر فإنها تعاني انكساراً أو انحناءً وانعكاساً بالشكل الذي يجعل الضوء يتحول إلى طيف من الألوان ويمكن رؤية هذا الطيف من الألوان إذا كانت الزاوية بين الشمس (مصدر الضوء) ونقطة المطر وعين المشاهد  $40^{\circ}$ - $42^{\circ}$  درجة.

وعندما تكون الشمس منخفضة في السماء فإن قوس قزح يبدو مرتفعاً نسبياً، وكلما ارتفعت الشمس يبدو قوس قزح منخفضاً ومحافظاً على الزاوية  $40^{\circ}$   $42^{\circ}$  وعندما تزيد الراوية التي تصنعها الشمس مع الأفق عن  $42^{\circ}$  لا يمكن مشاهدة قوس قزح لأن الزاوية المطلوبة تقع في مكان ما فوق رأس المشاهد.

أما الشفق القطبي فهو ظاهرة جوية ضوئية تحدث غالباً فوق خط عرض  $60^{\circ}$  شمالاً أو جنوباً، وبأدراك ما تحدث في أماكن أخرى. ويطلق على ظاهرة الشفق اسم يدل على موقعها، فالشفق الشمالي يحدث شمال خط عرض  $60^{\circ}$  في نصف الكرة الشمالي، أما الجنوبي فيحدث جنوب خط عرض  $60^{\circ}$  في نصف الكرة الجنوبي، ويسمى الاثنان بالشفق القطبي.



ويتكون الشفق من حزم وأشربة وأعمدة من الضوء تتحرك وتترافق بسرعة. ويصاحب الشفق الشط اصطرابات في المعاطيسية الأرضية وتداخلات في الراديو والاتصالات التليفونية والبوقية وتضطرب فترات النشاط الأقصى والأدنى مع عكس نشاط البقع الشمسية، والتي تستغرق دورتها 11 عاماً فيكون نشاط الشفق القطبي أقل ما يمكن عندما تكون الشمس في عاية النشاط أما الشفق الذي قد يحدث بعيداً عن الأقطاب، فإنه يتم أثناء النشاط المرتفع للشمس

وقد بيست الدراسات التي جرت مستى 1957 ، 1958 (السة الجيوفيزيائية الدونية) أن توهج الشفق يحدث عندما تحمل الرياح الشمسية فيصاً من لحسيمات الدرية عالية الطاقة صادرة عن البقع الشمسية تخترق الإلكترونات والبروتونات العلوا المعاطيسي للأرض وتدخل إلى حريم «فان آليس» الإشعاعي السفلى وترفع من كثافة الشحنة فيه تتعادل شحنات الإلكترونات والبروتونات الرائدة في العلوا الجوي فوق منطقة تتركز على القطبين المعنطيسيين الشمالي والجنوبي وتمتد إلى مسافة 20<sup>°</sup>.

تقريباً حولهما، تتصادم هذه الجسيمات مع جزيئات الغازات في الغلاف الجوي فتثيرها وتجعلها تشع إشعاعات كهرومغناطيسية في المجال المرئي للعين.

وعادة ما تكون ظاهرة الشفق أقل شدة عندما تكون الشمس أكثر نشاطاً فعندما تكون دورة البقع الشمسية في أوجها تشع الشمس المزيد من الأشعة فوق البنفسجية أكثر من عاداتها، وتقوم هذه الأشعة بالتداخل مع الغلاف المغناطيسي للأرض فتجعله يتعامل بشكل أفضل مع فيض الجسيمات الصادرة عن البقع الشمسية وبذلك لا يزدحم الحزام الإشعاعي فوق عادته بالجسيمات وتتخفف شدة الشفق القطبي غير أن أكبر وأكثر ألعاب الشفق تحدث أثناء أو بعد قمة نشاط البقع الشمسية في المواقع البعيدة عن الأقطاب.

وتتحد أشكال الشفق صورياً لا نهائية غير متكررة مثل قوس الشفق وهو قوس مصبى يمتد عبر خط الزوال المغناطيسي وحزمة الشفق وهي أعرض وأقل انتظاماً من قوس الشفق، والمتائل

والتيارات العمودية على قوس أو حزمة الشفق، والهالة وهي دائرة مضيئة قرب السم (دروة السماء)، ومحب الشفق التي ليس لها شكل محدد، وقد تحدث في أى موقع في السماء، وروح الشفق وهو استضاءة عالية في السماء تمتد منها خيوط نحو السم، والمثائر والمراوح والسنة الذهب، وكلها متغيرة ومتجددة الأشكال ومن الجدير بالذكر أنه قد تم رصد حدوث ظاهرة الشفق القطبي في الغلاف الجوي لكوكب المشترى.

#### الأحزمة الإشعاعية :

مناطق حول الأرض وبعض الكواكب مثل المشترى ورحل تحتوي على بروتونات عالية الطاقة والإلكترونات. وقد اكتشفت هذه الأحزمة في 31 يناير سنة 1958 بواسطة فريق بقيادة جيمس فان آليين من جامعة آيوا، عندما سجل عداد جايجر الموجود على القمر الصناعي الأمريكى الأول «إكسبلورر» وجود هذه الأحزمة. وتتركز البروتونات والإلكترونات المكونة لأحزمة فان آليين الإشعاعية حول خط الاستواء المغناطيسى للأرض وتعتمد هذه

المطقة بصنع مئات من الكيلو مترات فوق الأرض وحتى 48 ألف إلى 64 ألف كيلو متر. وتقوم الرياح الشمسية بإمداد الأحزمة الإشعاعية بالبروتونات والإلكترونات تدخّل هذه الجسيمات في مسارات حلزونية حول خطوط المجال المغناطيسي للأرض وبطرقاً لزيادة شدة المجال المغناطيسي بالقرب من القطبين (خطوط القوى المغناطيسية أكثر) فإن الجسيمات تنعكس جيئة وذهاباً بين القطبين الشمالي والجنوبي في مسارات حلزونية وتتواجد معظم البروتونات عالية الطاقة (أعلى من 10 Mev ميجا إلكترون فولت) في حزام داخلي على ارتفاع 3200 كم. أما الإلكترونات فتتركز في الحزام الخارجي الذي يمتد مسافات كبيرة في الفضاء تزيد على عدة أضعاف قطر الأرض

وتتسبب أحرمة فان آلبين الإشعاعية في أضرار كثيرة. فالدوائر الإلكترونية والخلايا الشمسية في سفن الفضاء تعاني من انهيار وتدمير أثناء تعرضها فترات طويلة لبروتونات عالية الطاقة (السرعة)، والتي تحترق الميزات لمسافة عدة مليمترات ونؤثر



الأحزمة الإشعاعية في الكائنات الحية مثل تأثير الإشعاعات الضارة. ويتم تصميم وتنفيذ الرحلات الفضائية بحيث يصل تعرض رواد الفضاء لهذه الإشعاعات إلى أقل درجة ممكنة، وعلى وجه الخصوص أثناء عبور أحزمة الإشعاع.





رقم الإيداع ٢٠٠٧/٢٦٩٦٢